

Mikko Malmivuo

# Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000

Tiehallinnon selvityksiä 6/2001



Mikko Malmivuo

# **Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000**

**Tiehallinnon selvityksiä 6/2001**

TIEHALLINTO

Helsinki 2001



ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-723-1  
TIEH 3200654

Oy Edita Ab  
Helsinki 2001

Julkaisua myy:  
Tiehallinto, julkaisumyynti  
telefaksi 0204 22 2652  
e-mail [julkaisumyynti@tiehallinto.fi](mailto:julkaisumyynti@tiehallinto.fi)



TIEHALLINTO  
Tie- ja liikennetekniikka  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelinvaihte 0204 22 150

**Mikko Malmivuo: Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 2000.** Helsinki 2001. Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka. Tiehallinnon selvityksiä 6/ 2001. 53 s. + liitt. 19 s. ISBN 951-726-723-1. ISSN 1457-9871. TIEH 3200654.

**Asiasanat:** Ajoneuvot, kalibrointi, keli, kitka, kunnossapito, laadunvalvonta, laatuvaatimukset, laitteet, liikenneturvallisuus, liukkaudentorjunta, nastarenkaat, renkaat, talvihoito, talvirenkaat, testaus

**Aiheluokka:** 71, 82, 95

## TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa vertailtiin erilaisia tienpinnan kitkan mittaukseen tarkoitettuja laitteita talvikeliolosuhteissa. Tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää, miten tietyllä menetelmällä ja järjestelmäkoonpanolla mitatut kitka-arvot vaihtelevat ja miten eri menetelmillä mitatut arvot eroavat toisistaan vakioituissa talvikeliolosuhteissa. Lisäksi tavoitteena oli esittää suosituksia C-trip-kitkanmittauslaitteilla tapahtuvaan kitkan mittaukseen talvihoidon laadunseurantaa varten.

Tutkimuksessa vertailut laitteet olivat sekä henkilö- että maastoautoon liitetty C-trip, Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto, Ilmailulaitoksen BV-11, VTT:n Kitka-Sisu, Nokia Renkaiden kitka-auto sekä Ruotsin Tielaitoksen kehittämä "Fiido". C-tripin osalta tutkittiin niin ajoneuvon, renkaiden tyypin ja kuluneisuuden, jarrujärjestelmän kuin mittausnopeuden vaikutusta mittaus tuloksiin. Myös keliauton osalta tutkittiin mittausrenkaan kuluneisuuden ja mittausnopeuden vaikutusta. VTT:n Kitka-Sisulla ja Nokia Renkaiden kitka-autolla testattiin vain rengastyypin ja kuluneisuuden vaikutusta mittausarvoihin. BV-11:lla tehdyt testit suoritettiin kahdella eri laitteella, jotta saataisiin kuvaa laitekohtaisista eroista.

Tutkimuksessa havaittiin, että rengastyypin ja mittausnopeus vaikuttivat C-tripin mittausarvoihin selvästi. Koska kitkarenkaan kitka-alue osoittautui nastarenkaan kitka-alueen laajemmaksi, suositeltiin tutkimuksessa kitkarengasta käytettäväksi C-trip-mittauksissa. Lisäksi mittausnopeuden tulisi olla vakio ja sama kuin kalibroitaessa. Myös jarrujärjestelmän (ABS/ei-ABS) tulisi olla yhtenäinen kaikissa mittausajoneuvoissa.

Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto toimi parhaiten jääradoilla, mutta tietyillä tieosuuksilla tehdyissä mittauksissa, ja etenkin lumella, mittaus tulokset olivat varsin yllättäviä. Tästä syystä ja myös mittaus tulosten suuren hajonnan vuoksi, laitetta ei voitu suositella talvihoidon laadun seurantaan.

Kokeissa BV-11:lla saavutettiin suurin kitkanmittausalue, mutta toisaalta myös pieni hajonta tasalaatuisissa mittausolosuhteissa. Tästä syystä laite sopii hyvin C-tripin kalibrointilaitteeksi sillä varauksella, että laitteen käyttö tiellä on osoittautunut aiempien tutkimusten mukaan hankalaksi (mittarenkaan urat keräävät helposti kiviä, mikä muuttaa kitkaa).

VTT:n Kitka-Sisulla ja Nokia Renkaiden kitka-autolla oli muihin laitteisiin verrattuna pienin tulosten hajonta tasalaatuisissa mittausolosuhteissa, mutta toisaalta myös pienin kitka-alue. Ruotsin Tielaitoksen kehittämä, vain 38 kilon painoinen ja ihmisvoimin käytettävä "Fiido", antoi ilmeisesti keveytensä vuoksi tietyillä keleillä hyvin yllättäviä tuloksia, vaikka käyttäytyikin pääsääntöisesti muuten johdonmukaisesti.



**Keywords:** Calibration, friction, tyre, vehicle, winter maintenance

## SUMMARY

The subject of this study is the comparison of different friction measurement devices in winter road conditions. The primary purpose was to analyse, how friction values vary when measured with certain method and configuration, and how they vary between different methods, in standardised winter conditions. The aim was also to propose guidelines for measuring road surface friction with C-trip devices, especially in regard to monitoring the quality of winter maintenance.

The devices compared in the study were a C-trip connected to a passenger car and to a cross-country vehicle, other vehicles being the "Weather Monitoring Vehicle" from the South-East Road District, a BV-11 belonging to Civil Aviation Administration, the "Friction-Sisu" vehicle of Technical Research Centre of Finland (VTT), the friction vehicle of Nokia Tyres and "Fiido" device developed by Swedish Road Administration. When testing the C-trip, there was studied the effects of different vehicles, different tyre types, aging of tyres, the brake system and measurement speed on friction values. The effects of tyre aging and measurement speed were also studied when testing the Weather Monitoring Vehicle. When using Friction-Sisu of VTT and friction vehicle of Nokia Tyres, only the effects of tyre type and aging were studied. Tests with the BV 11 were carried out with two separate devices in order to get a picture of the differences between measuring units.

The study revealed that tyre type and measurement speed clearly affected the friction values of the C-trip. Because studless tyres seemed to have a broader friction range than studded tyres, it was recommended, that studless tyres henceforth be used in C-trip vehicles. Also the measurement speed should be kept constant. In addition, the brake system (ABS/no ABS) should be uniform in all C-trip friction measurement vehicles.

The weather maintenance vehicle of the Finnish South-East Road District behaved best on ice tracks, but on certain road sections and especially in snow gave unexpected results. Because of this and the wide dispersion of friction values, the device cannot be recommended for use in the quality monitoring of winter maintenance.

The BV 11 gave the broadest range of friction values in different test conditions, but also a small dispersion in homogeneous measurement conditions. The device seemed to be a good calibration device for the C-trip, bearing in mind that use of the BV 11 on roads conditions has proven to difficult in previous study because the grooves in the friction tyre attracts small stones, distorting the friction value.

The VTT Friction-Sisu vehicle and the friction vehicle of Nokia Tyres had the smallest dispersion of measurement results in homogeneous conditions, but the smallest range of all friction values in different test conditions. Fiido, developed by the Swedish Road Administration and designed for use with pure manpower (weight 38 kg) gave very surprising results in certain test conditions, probably because of its light weight, although in general it behaved fairly consistently.

## ESIPUHE

Tässä tutkimuksessa vertailtiin erilaisia tienpinnan kitkan mittaukseen tarkoitettuja laitteita erilaisissa talvikeliolosuhteissa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten tietyllä menetelmällä ja järjestelmäkokoontamalla mitatut kitka-arvot vaihtelevat ja miten eri menetelmillä mitatut arvot eroavat toisistaan vakioituissa keliolosuhteissa. Tutkimuksen tavoitteena oli myös esittää suosituksia kitkan mittaukseen C-trip laitteilla.

Tutkimus tehtiin Tiehallinnon Tie- ja liikennetekniikkayksikön ja Tielaitoksen Kaakkois-Suomen tiepiirin toimeksiannosta VTT Yhdyskuntatekniikassa. Tilaajan puolelta työtä ohjasivat diplomi-insinööri Anne Leppänen ja diplomi-insinööri Olli Penttinen Tiehallinnon Keskushallinnosta sekä tieinsinööri Jaakko Myllylä ja Liikenteen palvelujen päällikkö Yrjö Pilli-Sihvola Kaakkois-Suomen tiepiiristä. VTT Yhdyskuntatekniikassa työstä vastasi tutkija Mikko Malmivuo.

Kenttätutkimuksen mittauksia tekivät lisäksi Juha-Matti Vainio Tielikelaitoksen konsultoinnista ja tutkimusavustaja Joni Harju Teknillisen korkeakoulun Tietekniikan laboratoriosta sekä tutkija Timo Unhola ja tutkimusavustaja Erkki Ritari VTT Yhdyskuntatekniikasta. Ilmailulaitoksen kitkamittauslaitteella BW 11 tehdyistä mittauksista vastasi Ivalon lentoasema. Nokia Renkaiden kitkamittauslaitteella tehdyistä mittauksista vastasivat Reijo Paajanen ja Jouni Kainulainen Nokia Renkaista. Testiradalla tehtyjen mittausten keliolosuhteiden luonnista vastasivat Testworld Oy ja Ivalon lentoasema.

Helsinki, huhtikuu 2001

Tiehallinto  
Tie- ja liikennetekniikka



## Sisältö

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 JOHDANTO</b>  | <b>8</b>  |
| 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet   | 8         |
| 1.2 Kitka ja talvihoidon laatuvaatimukset                                    | 9         |
| 1.3 Aiempia tutkimuksia  | 10        |
| <b>2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT KITKANMITTAUSLAITTEET</b>                        | <b>12</b> |
| 2.1 C-trip-kitkanmittauslaitteet   | 12        |
| 2.2 Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto                                       | 13        |
| 2.3 Ilmailulaitoksen BV-11   | 13        |
| 2.4 VTT:n ja Nokia Renkaiden kitkanmittauslaitteet                           | 15        |
| 2.5 VTI:n "Fiido"  | 16        |
| <b>3 MITTAUSOLOSUHTEET ERI KELEILLÄ</b>                                      | <b>17</b> |
| 3.1 Karhennettu jää, testirata (koe 1)                                       | 18        |
| 3.2 Sileä jää, testirata (koe 2)   | 20        |
| 3.3 Lumi, testirata (koe 3)  | 21        |
| 3.4 Jääpolanne, tie (koe 4)  | 22        |
| 3.5 Karhennettu jää, testirata (koe 5)                                       | 23        |
| 3.6 Kuura, pääkiitotie (koe 6)   | 24        |
| 3.7 Karhennettu jää, testirata (koe 7)                                       | 24        |
| 3.8 Jääpolanne, tie (koe 8)  | 24        |
| 3.9 Luminen tie (koe 9)  | 25        |
| 3.10 Jäinen tie (koe 10)   | 25        |
| 3.11 Sileä jää, testirata (koe 11)   | 26        |
| 3.12 Lumipolanne (koe 12)  | 27        |
| 3.13 Jäinen tie (koe 13)   | 28        |
| <b>4 KOKEIDEN TULOKSET</b>   | <b>29</b> |
| 4.1 Kitkanmittauslaitteiden vertailu   | 29        |
| 4.2 Mittausnopeuden vaikutus   | 34        |
| 4.3 Renkaiden vaikutus mittaustuloksiin                                      | 35        |
| 4.4 ABS-järjestelmän vaikutus  | 40        |
| 4.5 Mittaustulosten hajonnan vertailua                                       | 41        |
| 4.6 Lumipolanteen kovuuden vaikutus mittaustuloksiin                         | 43        |
| <b>5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ</b>  | <b>44</b> |
| 5.1 Suosituksia C-trip-kitkamittaukseen                                      | 44        |
| 5.2 Kitka-arvojen ja kelin vastaavuus  | 45        |
| 5.3 C-trip-laitteiden kalibrointi ja vertailu muihin kitkamittauslaitteisiin | 46        |
| 5.4 Kaakkois-Suomen keliauton soveltuvuus kitkamittauksiin                   | 47        |
| 5.5 Laitteiden vahvuudet ja heikkoudet                                       | 47        |

---

|   |               |    |
|---|---------------|----|
| 6 | YHTEENVETO    | 49 |
| 7 | LÄHDELUETTELO | 52 |
| 8 | LIITTEET      | 53 |

---

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Tiehallinto (31.12.2000 asti Tielaitos) on asettanut talvihoidon liukkauden-  
torjunnalle tienpinnan kitka-arvoon pohjautuvia laatuvaatimuksia. Näiden  
laatuvaatimusten täyttymistä seurataan ensisijaisesti ajoneuvon jarrutushi-  
dastuvuuteen perustuvilla C-trip-kitkamittauslaitteilla. Yhdenmukaisesta mit-  
tausperiaatteesta huolimatta C-tripillä varustetuissa ajoneuvoissa on lukuisia  
eroja, jotka voivat vaikuttaa mittauksiloksiin. C-trip-mittauslaitteita on niin  
henkilö- kuin maastoajoneuvoissa, kuin myös ABS-jarruilla varustetuissa ja  
ilman ABS-jarruja olevissa ajoneuvoissa. Lisäksi käytännössä kitkaa on mi-  
tattu hieman erilaisista nopeuksista. Ajoneuvoissa on myös käytetty erityyp-  
pisiä renkaita.

Tiehallinnolla on ollut koekäytössä täysin toisenlaiseen menetelmään pe-  
rustuva kitkamittauslaite, jota tässä tutkimuksessa kutsutaan "Kaakkois-  
Suomen tiepiirin keliautoksi", tai vain lyhyesti "keliautoksi". Tässä ajoneu-  
vossa kitkaa mitataan erillisellä mittauspyörällä, joka on asetettu pieneen si-  
vuttais- eli sortokulmaan ajosuuntaan nähden. Laite määrittää tienpinnan kit-  
ka-arvon pyörään vaikuttavan sivuvoiman ja pystyvoiman suhteena.

Eräänlaisen kitkamittauksen referenssimenetelmän arvoon on Suomessa  
noussut noin 30 vuotta Ilmailulaitoksella käytössä ollut BV-11 ja noin 20  
vuotta sitten VTT:llä kehitetty Sisu-kuorma-autoon rakennettu kitkamit-  
tauslaitteisto. Lentokenttien kitkan mittaukseen käytetty BV-11 on ajoneuvon  
perässä vedettävä laite, jossa mittausrenkaaseen vaikuttaa tasainen pyöri-  
mistä jarruttava voima. VTT:n "Kitka-Sisussa" on myös erillinen kitkaa mit-  
taava pyörä, mutta tyypiltään se on tavallinen henkilöauton pyörä. Rengas  
on mahdollista asettaa haluttuun sortokulmaan, jolloin kitkamittausperiaate  
on sama kuin keliautossa.

Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli tutkia ja vertailla miten Tie-  
hallinnon C-trip-kitkamittausmenetelmän ja keliauton tuottamat kitkamit-  
tausarvot suhtautuvat toisiinsa ja valittuihin referenssimenetelmiin eri keli-  
olosuhteissa. Mittaamalla paljon mahdollisimman tasalaatuisissa keliolo-  
suhteissa haluttiin saada tietoa myös järjestelmän kyvystä toistaa saman-  
tyyppisiä kitka-arvoja samanlaisissa olosuhteissa.

Lisäksi tavoitteena oli selvittää, miten mittausnopeus, rengas- ja ajoneuvo-  
tyyppi sekä jarrujärjestelmä vaikuttavat C-tripin tuottamiin kitka-arvoihin. Tä-  
män pohjalta oli tarkoitus laatia suosituksia C-trip-mittausten toteuttamista  
varten. Lisäksi oltiin kiinnostuneita nopeuden ja renkaan tyypin ja kulunei-  
suuden vaikutuksesta keliauton mittauksiloksiin sekä renkaan tyypin ja kulu-  
neisuuden vaikutuksesta Kitka-Sisun tuottamiin kitka-arvoihin.

Kokonaisuutena tutkimuksella haluttiin saada parempi kuva C-trip-laitteiston  
luotettavuudesta talvihoidon laadunseurannassa ja vaihtoehtoisten mene-  
telmien, ensisijassa keliauton, soveltuvuudesta talvisen tienpinnan kitkan  
mittaukseen.

Teknillisen Korkeakoulun tutkimusta kohtaan osoittaman kiinnostuksen  
myötä kitkamittauslaitteiden vertailuun otettiin mukaan myös "Fiido"-  
lempinimellä tunnettu Ruotsin Tielaitoksen kehittämä kevyt, ihmisvoimin



työnnettävä kitkanmittauslaite. Tämän laitteen mukaanotto ei sinänsä palvelut tutkimuksen alkuperäisiä päämääriä, sillä laitetta ei hitautensa vuoksi voinut pitää varteenotettavana vaihtoehtona teiden talvihoidon laadunseurantaan eikä se myöskään uutena verrattain vähän käytettynä laitteena ansaitse referenssilaitteen asemaa. Koska laitteen mukaanotto ei kuitenkaan millään tavoin häirinnyt tutkimusta ja koska toisaalta laite edusti merkittävää vaihtoehtoa kevyen liikenteen väylien kitkan mittaukseen, päätettiin laite ottaa mukaan tutkimukseen. Kevyen liikenteen väylien kitkatasoja ei maassamme vielä seurata säännöllisesti, mutta samalla kun viimeaikoina on yhä enenevässä määrin alettu kiinnittää huomiota jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden liukastumisonnettomuuksien suureen määrään ja vakavuuteen, saattaa kevyen liikenteen väylien kitkan mittaus tulevaisuudessa kiinnostaa useita tahoja nykyistä enemmän. Mittausperiaatteeltaan laite vastasi Ilmailulaitoksen BV-11:ä, sillä mittauspyörään vaikutti samantyyppinen jatkuva jarrutusvoima.

## 1.2 Kitka ja talvihoidon laatuvaatimukset

Tiehallinto on asettanut talvihoidon liukkaudentorjunnalle taulukon 1 mukaiset laatuvaatimukset. Taulukossa "lämpötilaraja" tarkoittaa alinta tienpinnan lämpötilaa, missä vähimmäiskitkavaatimus 0,30 on voimassa. Lämpötilan ollessa mainittuja arvoja kylmempi näiden teiden kitkavaatimus on 0,25. Syys- ja kevättalven aikana Ib-teiden kitkavaatimus on 0,25, mutta vakiintuneen talvikelin aikana 0,20. Tietyissä olosuhteissa taulukossa 1 kuvatuista vaatimuksista voidaan poiketa.

Taulukko 1. Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset (Lähde: Teiden talvihoito, Laadun määrittely 1998)

| Talvihoito-luokka | Kitka            | Lämpötilaraja (°C) | Toimenpideaika (h)            | Voimassaoloaika (klo) |
|-------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Is                | 0,30             | -6                 | 2                             | aina                  |
| I                 | 0,30             | -4                 | 2                             | 5-22                  |
| Ib                | 0,25/ 0,20       | -                  | 3 (suolaus),<br>4 (hiekoitus) | 5-22                  |
| II                | Tarpeen mukainen | -                  | 6                             | 6-22                  |
| III               | Tarpeen mukainen | -                  | 12                            | 6-22                  |

Tiehallinto on lisäksi sitonut kitka-arvoasteikon sanalliseen kelikuvaukseen (taulukko 2).

Taulukko 2. Kitka-arvot ja sanallinen kelikuvaus (Lähde: Teiden talvihoito, Laadun määrittely 1998)

| Kitka-arvo        | 0,00 - 0,14                              | 0,15 - 0,24          | 0,25 - 0,29                              | 0,30 - 0,44                                    | 0,45 - 1,00     |
|-------------------|--|----------------------|--|--|-----------------|
| Tienpinnan kuvaus | Pääkallokeli, tai muuten erittäin liukas | Kuiva jäinen polanne | Karkea jää- tai lumipolanne pakkassäällä | Paljas ja märkä tai ajourien välissä polanteet | Paljas ja kuiva |



Käytännössä kitkaa mittaavat kunnossapitourakoitsijat itse, Tiehallinnon tiemestarit sekä Tieliikelaitoksen konsultoinnin toteuttama keskitetty laadunseuranta. Konsultoinnin laadunseuranta tekee vuodessa noin 70 000 kitkamittausta. Kaikki mainitut osapuolet käyttävät mittauksissaan C-trip-kitkanmittauslaitteita.

### 1.3 Aiempia tutkimuksia

Suomessa lähinnä VTT on vertaillut tienpintojen kitkamittaukseen käytettyjä laitteita noin kymmenen vuoden välein. Laitteiden kehitys on vaikuttanut voimakkaasti kussakin vertailussa käytettyihin laitteisiin.

#### Kitkamittarivertailu vuodelta 1977

Aarre Niemen vetämässä tutkimuksessa verrattiin kolmea kitkanmittaukseen tarkoitettua menetelmää ja laitetta; kitkanmittauspyörän lukkiutumiseen perustuvaa Road Research Laboratoryn kitkamittaria, sivukitkaa mittaavaa Mu-Meter -nimistä laitetta ja mittauspyörän jatkuvaan jarruttamiseen perustuvaa BV-6:a ja BV-11:a. Kaikki laitteet olivat ajoneuvon perässä vedettäviä. Lisäksi laitteita verrattiin käsikäyttöiseen pieneen heilahduskitkamittariin. Kyseessä oli dynaaminen heilurityyppinen mittari, jolla mitataan energian pieneminen kumisen liukukappaleen kuljettua mitattavan pinnan ylitse.

Vertailumittauksia tehtiin Tuusulanjärven jäälle auratulla ja tasaiseksi jäädytetyllä koeradalla sekä kuivalla ja kastellulla kestopäällysteellä neljässä eri kohteessa. Jäällä ( $-2^{\circ}\text{C}$ ) tehdyissä mittauksissa Road Research Laboratoryn laite ja Mu-Meter antoivat hyvin samantapaisia tuloksia (0,13 – 0,12) samalla kun BV-11 antoi hieman alhaisempia arvoja (0,09). Kuivalla ja märällä kestopäällystepinnalla sivukitkamittari Mu-Meter ja BV-6 antoivat samantyyppisiä, mutta korkeampia arvoja kuin Road Research Laboratoryn lukkiutuvapyöräinen mittari.

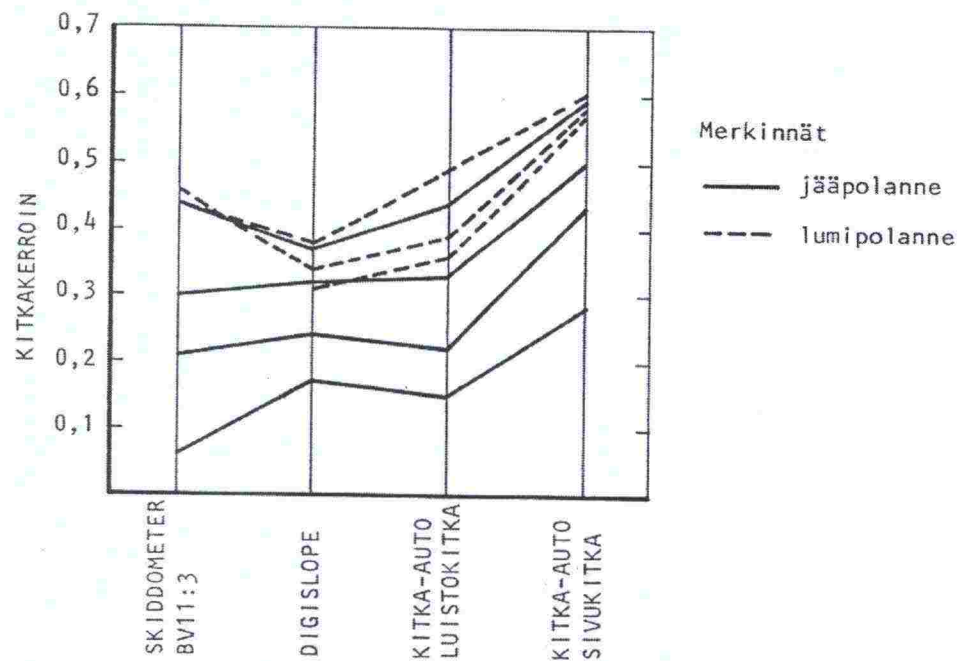
Heilurimittarista todettiin, ettei se sovellu luotettavasti käytettäväksi asfalttipäällysteiden, jotka ovat verraten karkearakenteisia kuluneina, mittauksiin. Myöskään jääpinnalla sillä ei saatu muihin menetelmiin verrannollisia tuloksia. Suoritetuista henkilöauton jarrutusmatkamittauksista saatiin paras korrelaatio jarrutusmatkasta lasketun kitkakertoimen ja lukkiutuvapyöräisen Road Research Laboratoryn mittarin antaman kitka-arvon välillä.

Mittauksia tehtiin myös eri nopeuksista, 50 km/h, 70 km/h ja 90 km/h nopeudesta. Yllättävää oli, että jäällä kitka-arvot olivat samoja tai hieman kasvoivat nopeuden kasvaessa, mutta märällä tai kuivalla kestopäällysteellä kitka-arvot yleensä laskivat nopeuden kasvaessa.

#### Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus 1989

Kyösti Laukkasen vetämässä tutkimuksessa verrattiin C-tripin edeltäjää Digi-Trippiä, Ilmailulaitoksen BV-11:a ja VTT:n Kitka-Sisua. Mittaukset suoritettiin 15:ssä eri tienkohdassa eri puolilla Etelä-Suomea. Vallinneista keleistä 7 oli tyypillisiä talvikelejä, jää- tai lumipolanteita ja loput 8 paljaita, kuivia tai märkiä kesäkelejä.

Kaikilla keleillä Kitka-Sisun sivukitkamenetelmällä saatiin korkeimmat kitka-arvot. Liukkaimmilla keleillä BV-11 antoi alhaisempia kitka-arvoja kuin Digi-Trip (Digislope), mutta pitävämmillä talvikeleillä korkeampia (kuva 1).



Kuva 1. Ilmailulaitoksen BV-11, C-tripin edeltäjän Digislopen ja VTT:n Kitka-Sisun antamia kitka-arvoja erilaisilla jää- ja lumipolanteilla (Laukkanen, 1989).

Kitka-Sisun mittauksissa käytettiin sekä ajoneuvon lukkojarrutuskitkan että sivukitkan mittausmenetelmiä. Mittaukset suoritettiin 60 km/h nopeudella ja kääntökulma sivukitkamittauksissa oli 8 astetta. Digi-Tripin mittaukset suoritettiin TVH:n antamien ohjeiden mukaisesti 50 km/h tuntinopeudella.



## 2 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT KITKANMITTAUSLAITTEET

### 2.1 C-trip-kitkanmittauslaitteet

C-trip-kitkanmittauslaite on elektroninen ajoneuvoon kytkettävä laite, joka mittaa kitkan ajoneuvon jarrutushidastuvuuden avulla. C-tripin pulssianturi kytketään auton nopeusmittariin ja C-trip asennetaan siten, että laitteen ollessa mittausasennossa kitkanmittaus käynnistyy jarruvalojen syttyessä. Kitka mitataan siten, että ensin painetaan kytkinpoljin alas ja sen jälkeen jarrua painetaan siten, että se johtaa muutaman sekunnin kuluttua jarrujen lukkiutumiseen. Jarrutus lopetetaan heti, kun etupyörät ovat lukkiutuneet. Mittauksen aloitusnopeus on ohjeiden mukaan 50 km/h, mutta käytännössä mittauksia tehdään liikennevirran mukana myös suuremmista nopeuksista (60 – 80 km/h). Tiehallinnon ohjeiden mukaan laitteet tulee kalibroida näyttämään keskimäärin 0,29 kitkaa lumipolanteella heikolla (-3...-5°C) pakkasella.

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahta C-tripillä varustettua ajoneuvoa, Mitsubishi Pajero -merkkistä maastoautoa ja Ford Escort -merkkistä henkilöautoa. Kummatkin autot oli varustettu lukkiutumattomalla ABS-jarrujärjestelmällä, mutta lisäksi mittauksia suoritettiin ilman ABS-järjestelmää siten, että mittauksen ajaksi irrotettiin jarrujärjestelmän sulake. Ajoneuvojen maahantuojiilta varmistettiin, että autot käyttäytyivät tällöin samalla tavoin, kuin ilman ABS-jarruja olevat mallit.

C-tripillä varustetussa maastoautossa käytettiin sekä kuluneempia että juuri sisäänajettuja Nokia Hakkapeliitta 1 -nastarenkaita. Vastaavasti henkilöautossa käytettiin sekä kuluneita että uusia Nokian Q-kitkarenkaita ja Nokian Hakkapeliitta 1 -nastarenkaita. Renkaiden nastaulkonemat ja urasyvyydet on esitetty taulukossa 3. Urasyvyydet ja nastaulkonemat mitattiin sekä kokeen alussa että lopussa. Mitoissa ei havaittu muutoksia. Henkilöauton renkaissa käytettiin 2 barin painetta ja maastoauton renkaissa 2,5 barin painetta.

Taulukko 3. C-trip-ajoneuvoissa käytettyjen renkaiden urasyvyydet ja nastaulkonemat.

| Urasyvyys, mm            | Oikealla  |            | Vasemmalla |            | Keskiarvo |
|--------------------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
|                          | Eturengas | Takarengas | Eturengas  | Takarengas |           |
| Rengas                   |           |            |            |            |           |
| Maasturi, vanha nasta    | -8.81     | -9.52      | -8.76      | -9.80      | -9.23     |
| Maasturi, uusi nasta     | -10.23    | -10.43     | -10.48     | -10.46     | -10.40    |
| Henkilöauto, vanha kitka | -6.80     | -5.24      | -6.63      | -5.30      | -5.94     |
| Henkilöauto, uusi kitka  | -8.10     | -7.84      | -7.98      | -7.97      | -7.97     |
| Henkilöauto, vanha nasta | -7.27     | -7.19      | -6.92      | -7.52      | -7.22     |
| Henkilöauto, uusi nasta  | -8.88     | -8.74      | -8.84      | -8.84      | -8.82     |
| Ulkonema, mm             |           |            |            |            |           |
| Maasturi, vanha nasta    | 1.11      | 0.93       | 0.96       | 0.95       | 0.99      |
| Maasturi, uusi nasta     | 0.97      | 1.03       | 0.98       | 1.02       | 1.00      |
| Henkilöauto, vanha nasta | 1.48      | 0.85       | 1.42       | 0.73       | 1.12      |
| Henkilöauto, uusi nasta  | 1.15      | 1.08       | 1.09       | 0.99       | 1.08      |

## 2.2 Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto

Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto on AL-Engineeringin kehittämä keli- ja sääolosuhteiden analysoimiseen tarkoitettu ajoneuvo. Sen kitkamittaus perustuu Chevrolet Chevy Van -merkkisen raskaan pakettiauton alustaan kiinnitettyyn pienenlentokoneen nokkapyörään vaikuttavien voimien mittaamiseen (kuva 2). Noin 15 cm oikeanpuoleisten pyörien ajolinjan sisäpuolella sijaitseva pyörä on asetettu 4 asteen sortokulmaan. Kitkaa mitattaessa pyörä painetaan 60 kilon voimalla tienpintaan. Mittausohjelma rekisteröi ja tallentaa jatkuvatoimisesti renkaaseen vaikuttavan sivuvoiman. Kitka-arvo on suoraan sivu- ja pystyvoiman suhde.



Kuva 2. Kaakkois-Suomen keliauton kitkaa mittaava pyörä näkyy kuvassa keskellä.

Keliautolla mittauksia on normaalisti suoritettu liikennevirran vaatimasta nopeudesta. Tässä tutkimuksessa mittauksissa käytettiin kahta eri mittausrenkasta, uutta ja käytettyä. Uusi oli sisäänajettu mittaamalla noin 5 km kestopäällystepintaa. Vanhalla renkaalla mitatusta kilometrimäärästä ei ollut tarkkaa tietoa, mutta kyse lienee muutamista tuhansista kilometreistä. Uuden renkaan urasyvyys oli 4,2 mm ja vanhan 2,0 mm.

## 2.3 Ilmailulaitoksen BV-11

Ilmailulaitoksella pitkään käytetty BV-11 on autolla hinattava mittauslaite. Laitteessa kolme samankokoista pyörää on laakeroitu samanpituisten heilurivarsien takaosaan (kuva 3). Pyörien kuormitus on sama. Heilurivarret on laakeroitu yhteiseen, pyöräakselien kanssa yhdensuuntaiseen akseliin, joka vuorostaan on laakeroitu mittauslaitteen kehyksen etuosaan. Kaikki kolme pyörää on kytketty yhteen tämän akselin kanssa rullaketjujen avulla siten valitulla välityksellä, että keskimäinen pyörä, joka on mittauspyörä, pyörii ajon aikana hitaammin kuin ulkopyörät ja jarruttaa siten samanaikaisesti ajon aikana. Mittauspyörän luisto on noin 17 %.

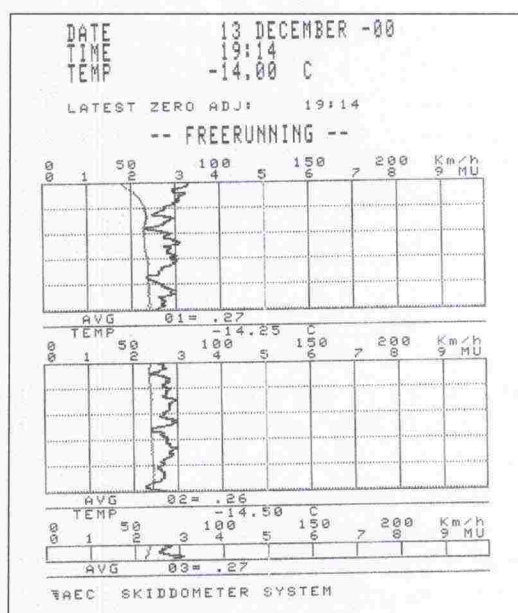




Kuva 3. Ilmailulaitoksen BV-11.

Mekanismista saatu jarrutusmomentti vaikuttaa mittanapaan, johon mittauspyörä on kiinnitetty. Mittanapa muuttaa jarrutusmomentin sähköimpulssiksi. Tämä ns. mittaimpulssi sekä nopeusimpulssi siirtyvät kaapelin välityksellä vetoauton ohjaamoon, johon sijoitettu piirturi rekisteröi ne.

Kitkakerroin voidaan lukea suoraan piirturin asteikolla varustetulta liuskalta (kuva 4). Ulosyötetyn liuskan pituus on suoraan verrannollinen ajoneuvon tekemään matkaan. Käytännössä tuloksia ei ollut mahdollista saada sähköisessä muodossa, joten tulokset oli analysoitava tulosteiden pohjalta.



Kuva 4. BV-11:n piirturin kitkatuloste. Ylempi asteikko ja tasaisempi viiva kuvaa ajoneuvon nopeutta, alempi asteikko ja epätasaisempi viiva kitkaa. Pystysuunnassa yksi ruutu vastaa aina 100 metrin mittausmatkaa.

## 2.4 VTT:n ja Nokia Renkaiden kitkamittauslaitteet

VTT:n kitkamittausautossa on kuorma-auton runkoon oikean takapyörän eteen kiinnitetty henkilöauton rengas alkuperäisine ripustuksineen (kuva 5). Laitteella voidaan mitata joko lukkojarrutus tai sivuttaiskitkaa. Tässä tutkimuksessa käytettiin vain sivuttaisvoiman mittausta. Sivuttaisvoimaa mitattaessa laitteeseen syötetään haluttu sortokulma. Kitkaa mitattaessa mittanturi mittaa jatkuvatoimisesti renkaaseen vaikuttavaa sivuvoimaa ja ajoneuvon ohjaamossa oleva tietokone laskee suoraan kitkan sivuttaisvoiman ja pystyvoiman suhteena sekä tallentaa tuloksen kahden metrin välein.

Toimintaperiaate VTT:n kitkamittausautossa on sama kuin Kaakkois-Suomen tiepiirin keliautossa. Mittapyörään pystysuunnassa vaikuttava voima on VTT:n kitkamittausautossa passiivinen "kuollut massa", joka vastaa henkilöauton eturenkaalle kohdistuvaa massaa. Keliautossa pystysuuntainen voima on aktiivinen paineilman välityksellä aikaan saatu "puristus", jonka voimakkuutta ajoneuvo mittaa jatkuvasti.

VTT:n kitkamittausauton vaurioituttua heti tutkimuksen alussa osa tutkimuksista suoritettiin Nokia Renkaiden käytössä olevalla kitkamittausautolla, jonka toimintaperiaate on täysin sama kuin VTT:n ajoneuvossa.



Kuva 5. VTT:n Kitka-Sisu. Kitkaa mittaava pyörä kuvassa ylösnostettuna.

VTT:N ja Nokian kitkamittausautoissa käytettiin samantyyppisiä kitka- ja nastarenkaita kuin C-trip-henkilöautossa. Renkaat olivat kuitenkin eri yksilöitä, koska rengaskoko oli hieman erilainen. VTT:n ja Nokian kitkamittausautoissa käytettyjen renkaiden urasyvyyydet ja nastaulkonemat on esitetty taulukossa 4.



Taulukko 4. VTT:n ja Nokian kitkamittausautoissa käytettyjen kitkanmittausrenkaiden urasyvyudet ja nastaulkonemat.

| Uransyvyys, mm          | Oikea eturengas |
|-------------------------|-----------------|
| Kitka-Sisu, vanha kitka | -6.56           |
| Kitka-Sisu, uusi kitka  | -8.24           |
| Kitka-Sisu, vanha nasta | -6.83           |
| Kitka-Sisu, uusi nasta  | -9.32           |
| Ulkonema, mm            |                 |
| Kitka-Sisu, vanha nasta | 1.76            |
| Kitka-Sisu, uusi nasta  | 0.89            |

## 2.5 VTI:n "Fiido"

Ruotsin tielaitoksen kehittämä "Portable Friction Tester", lempinimeltään "Fiido", on 38 kilon painoinen kolmipyöräinen ihmisvoimin työnnettävä kitkanmittauslaite (kuva 6). Toimintaperiaatteeltaan Fiido vastaa Ilmailulaitoksen BV-11:ä. Sen kitkaa mittaava rengas jarruttaa 21 %:n luistolla. Mittauspyörään vaikuttaa 126 N:n massa. Kitka-arvo määritellään laitteen mittaavan kitkavoiman ja renkaaseen vaikuttavan massan suhteena. Mittausnopeus on 0,5 m/s  $\pm$  0,1 m/s ja kitka-arvo tallentuu laitteen tietokoneelle 1,3 cm:n välein. Renkaassa vaikuttava paine on 120 kPa.



Kuva 6. "Fiidon" mittaamaa kitkaa tallennetaan yhteyskaapelin välityksellä suoraan tietokoneelle.

### 3 MITTAUSOLOSUHTEET ERI KELEILLÄ

Tutkimuksessa käytetyt laitteet kuljetettiin Ivaloon, Testworld Oy:n testiradoille maanantaihin 11.12.2000 mennessä. Samana päivänä suoritettiin C-trip-laitteiden kalibrointi kaikilla rengassarjoilla, sekä ABS-jarruilla että ilman ABS-jarruja. Kalibroinnissa kaikilla yhdistelmillä tehtiin C-trip-laitteiden kalibroituarvoa sääten niin monta kitkan mittausta, että lopulta kullakin yhdistelmällä saadut kitka-arvot näyttivät mahdollisimman tarkasti 0,29:n kitkaa.

Lumen vähäisyyden vuoksi paras lumipolanne löytyi Ivalon lentoaseman pääkiitotien reunustalta. Lumipolanne katsottiin riittävän hyväksi kalibroitua varten, koska laitteiden vakioasetuksilla (ABS-jarrut, käytetyt nastarenkaat) päästiin ilman erillistä kalibroitua heti lähelle 0,29:ää. Saavutetut C-trip-ajoneuvojen kitkan ja matkan kalibroitiluvut on esitetty taulukossa 5 sarakkeissa A – C. Koska mittauksen edetessä ilman ABS-jarruja saadut kalibroituarvot vaikuttivat epäluotettavilta, tehtiin ilman ABS-jarruja suoritettua varsinaiset mittaukset kahdesti, kahdella eri kalibroituarvolla. Toinen mittaus suoritettiin ilman ABS-jarruja saadulla kalibroituarvolla ja toinen ABS-jarruilla saadulla kalibroituarvolla. Tässä raportissa esitettyihin tuloksiin valittiin ilman ABS-jarruja tehdyistä mittauksista lopulta ne, joissa oli käytetty ABS-jarrujen mukaista kalibroituarvoa. Sarakkeen B mukaisella kalibroituarvolla saadut tulokset ovat nähtävissä ainoastaan liitteessä 1 esitetyissä alkuperäisissä mittaustuloksissa.

Koska viimeisenä koepäivänä tehdyssä polannemittauksessa käytetty polanne osoittautui tietyiltä osin luotettavammaksi kalibroitupolanteeksi kuin ennen koetta käytetty polanne, on luvussa 4 sekä liitteissä 2 ja 3 esitetyt C-trip-tulokset vielä kalibroitu viimeisen päivän polannemittauksen perusteella. Nämä jälkikalibroituarvot on esitetty taulukon 5 sarakkeissa D ja E. Sarakkeisiin F ja G on vielä lopuksi laskettu renkaiden kokonaiskalibrointi.

Taulukko 5. C-trip-ajoneuvojen kitkan ja matkan kalibroitiluvut.

|             |             | A                              | B                                  | C                     | D                     | E                        | F                                 | G                                    |
|-------------|-------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
|             |             | Kitkan kalibroitiluku -<br>ABS | Kitkan kalibroitiluku - ei-<br>ABS | Matkan kalibroitiluku | Jälkikalibrointi/ ABS | Jälkikalibrointi/ Ei ABS | Tulo ABS (sarake A *<br>sarake D) | Tulo Ei ABS (sarake A *<br>sarake E) |
| Maastoauto  | Vanha nasta | 1.01                           | (0.75)                             | 27435                 | 1.03                  | 1.17                     | 1.04                              | 1.18                                 |
|             | Uusi nasta  | 1.00                           | (0.75)                             | 27460                 | 1.02                  | 1.17                     | 1.02                              | 1.17                                 |
| Henkilöauto | Vanha kitka | 1.15                           | (0.85)                             | 50355                 | 0.88                  | 0.85                     | 1.01                              | 0.98                                 |
|             | Uusi kitka  | 1.15                           | (0.85)                             | 50270                 | 0.92                  | 0.93                     | 1.06                              | 1.07                                 |
|             | Vanha nasta | 1.05                           | (0.79)                             | 50335                 | 1.00                  | 1.04                     | 1.04                              | 1.09                                 |
|             | Uusi nasta  | 1.05                           | (0.79)                             | 50380                 | 0.98                  | 1.00                     | 1.03                              | 1.05                                 |

Testeissä käytettyjen jää- ja lumipintojen kovuutta tutkittiin Smithers'n kartio-nimisellä mittausrakenteella. Siinä 220 gramman painoinen kärjestä kartionmuotoiseksi teroitettu paino päästetään putoamaan mahdollisimman vapaasti noin 22 cm korkeudelta tutkittavaan pintaan (kuva 7). Pudotuksen jälkeen mitataan erityisen asteikon avulla kärjen uppoamissyvyys. Mikäli kärki ei uppoa pintaan ollenkaan, saa pinnan kovuus arvokseen 100. Jääpinnan

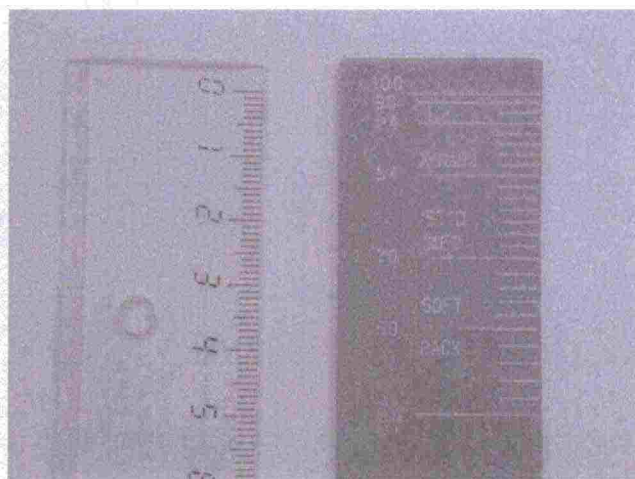


kovuus saa tyypillisesti arvokseen 98 – 94. Tämä vastaa terän tunkeutumista 1,5 – 4,5 mm tutkittavaan pintaan (kuva 8).

Eri keleillä saavutetut Smither's kartiolla mitatut arvot sekä tarkemmat sää-tiedot on lueteltu yksityiskohtaisesti liitteessä 1.



Kuva 7. Smithers'n kartion osat: mitta-asteikko, ohjausputki ja varsinainen pudotuspaino.



Kuva 8. Smithers'n kartion kovuusmittausasteikko verrattuna senttimetriasteikkoon.

### 3.1 Karhennettu jää, testirata (koe 1)

Ensimmäinen varsinainen testipäivä, tiistai 12.12.2000 aloitettiin mittaamalla laitteilla karhennetun jääpinnan kitkaa noin 20 m x 1100 m kokoisella jääradalla (kuva 9). Jääpinnan karhennus oli suoritettu vetämällä jään pinnalla kahtatoista akselin varassa pyörivää pitkällä nastoilla varustettua nastaren-

gasta, jotka olivat noin 20 asteen sortokulmassa etenemissuuntaansa nähden. Mittaajat luonnehtivat syntynyttä keliä (kuva 10) varsin pitäväksi jääkeleiksi.



Kuva 9. Jään karhentaminen.

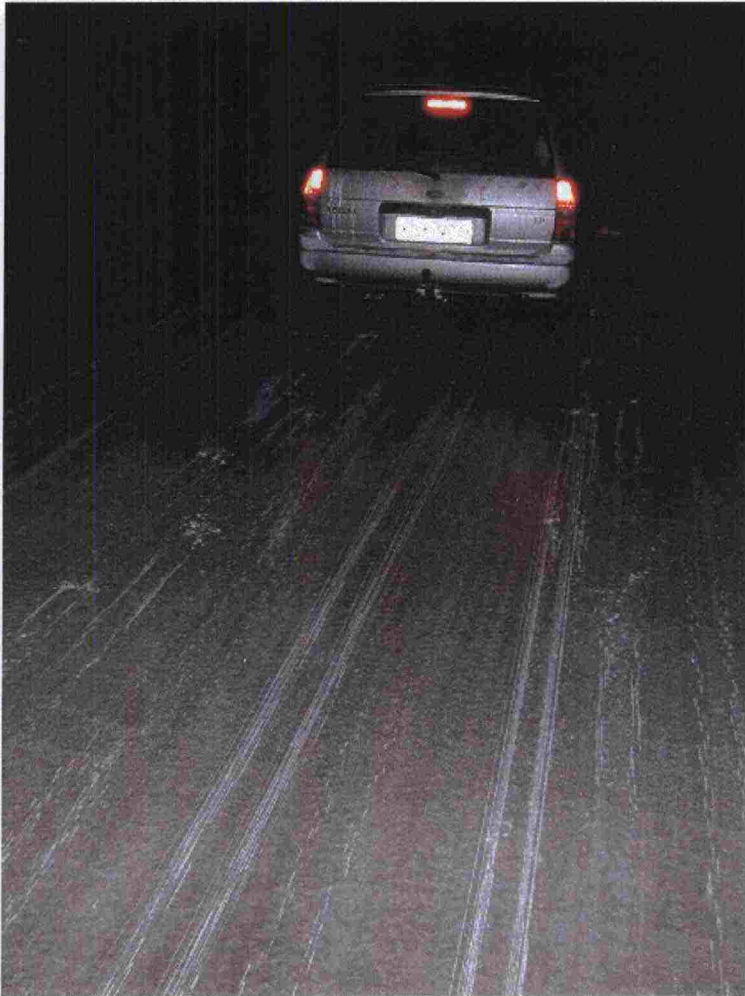


Kuva 10. Karhennettu jää.

Mittauksen aikana oli pakkasta noin  $-10^{\circ}\text{C}$  ja satoi hyvin kevyesti lunta. Mittauksen aikana vallinneista sääolosuhteista saatiin tietoa keliauton datasta, Ilmailulaitoksen ilmailudatasta ("torni") ja ilmailulaitoksen sääasemasta. Lisäksi jääpinnan kovuus mitattiin Smithers'n kartiolla. Tarkemmat säätiedot sekä yksityiskohtaiset testitulokset on kuvattu liitteessä 1.

### 3.2 Sileä jää, testirata (koe 2)

Ensimmäisen testipäivän iltana suoritettiin mittaussarjat myös sileällä jäällä (kuva 11). Sileä jää oli selvästi karhennettua liukkaampi. Kengän pohjaan jää tuntui ikään kuin tahmealta, mutta kengän lähdettyä liukumaan, varsin liukkaalta. "Mutu" -tuntumalla olisi voinut puhua korkeasta lähtökitkasta ja matalasta liukukitkasta. Ilman lämpötila oli  $-8...-9^{\circ}\text{C}$ .

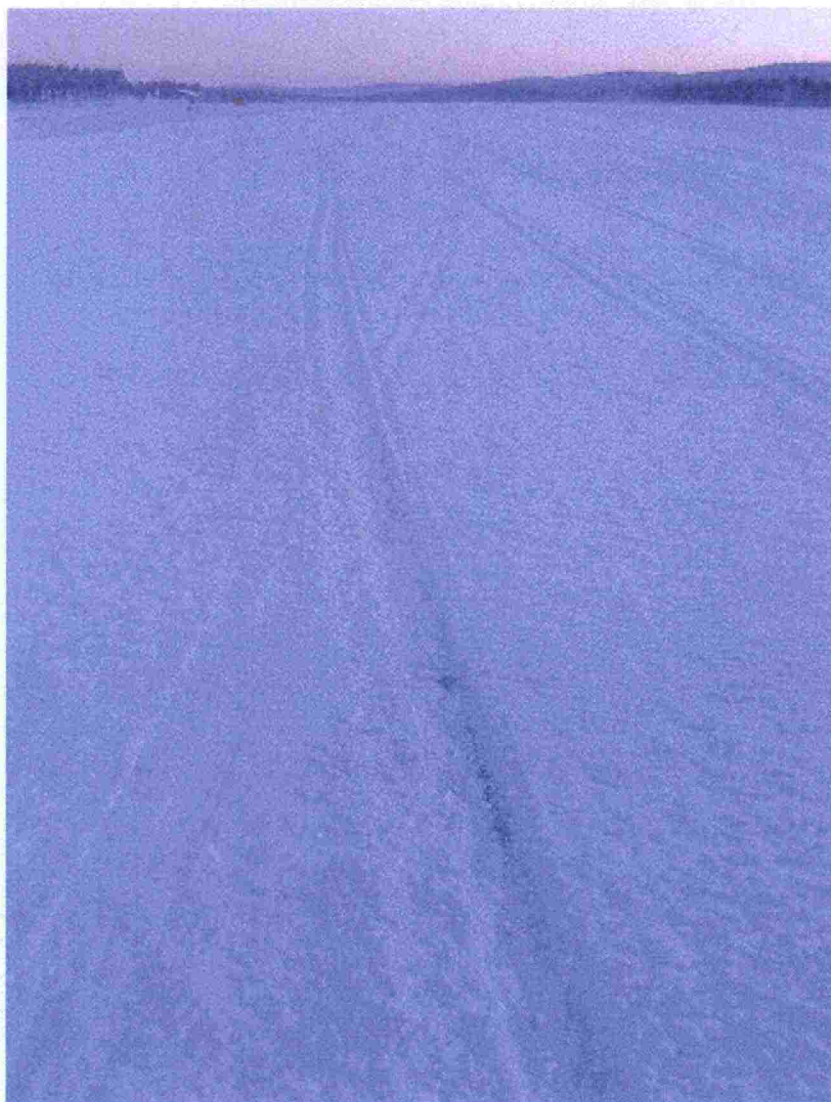


Kuva 11. Jarrutusjälkiä sileällä jäällä.



### 3.3 Lumi, testirata (koe 3)

Samanaikaisesti edellisten sileän jään testien kanssa suoritettiin mittaus-sarjat viereisellä lumiradalla (kuva 12). Kyseessä oli asfaltin päällä oleva muutaman sentin paksuinen irtolumipinta, joka oli ainoastaan kevyesti au-rattu tasaiseksi. Lumi oli selvästi esimerkiksi lumipolannetta pitävämpi. Osa mittauslaitteista tuntui menevän lumipinnan läpi lähes asfalttiin asti ja osa taas pysyi lumikerroksen päällä.



Kuva 12. Ajo- ja jarrutusjälkiä lumiradalla.

### 3.4 Jääpolanne, tie (koe 4)

Toisena testipäivänä tehtiin suppeat mittaussarjat Ivalon lähellä olevalla Murmansiin johtavalla tiellä (kuva 13). Tie oli jääpolanteella ja hieman urautunut. Jään päällä oli paikoittain hyvin ohut lumikerros. Mittaajien mukaan tie oli varsin pitävä ja ajoneuvojen hallinta mittausnopeudessa 50 km/h oli hyvin helppoa. Ilman lämpötila oli  $-19^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 13. Jääpolanteinen tie.



### 3.5 Karhennettu jää, testirata (koe 5)

Toisen testipäivän iltana uusittiin karhennetun jään testisarjat testiradalla osittain siksi, ettei ensimmäisen testipäivän karheen jään tasalaatuisuuteen oltu aivan tyytyväisiä ja toisaalta siksi, että mittauksen luotettavuuden kasvattamiseksi haluttiin uusia mittauksia myös samantapaisilla pinnoilla. Tähän mittaukseen jää oli karhennettu erittäin huolella, ja pinta oli poikkeuksellisen terävien ja syvien karhennusurien kauttaaltaan peittämä (kuva 14). Keli oli melko pitävä, eikä karhennetulla pinnalla ollut havaittavissa samanlaista "tahmeutta" kuin sileällä jäällä. Ilman lämpötila oli  $-20^{\circ}\text{C}$ , pinnan lämpötila hieman korkeampi,  $-17^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 14. Karhennettu jää.



### 3.6 Kuura, pääkiitotie (koe 6)

Kolmantena testipäivänä tehtiin suppea mittaussarja pääkiitotiellä, jonka pinnalle oli syntynyt hieman kuuraa (kuva 15). Kuuraa oli kuitenkin hyvin ohut kerros asfalttipinnan päällä, eikä ajoneuvojen käyttäytyminen poikennut juurikaan siitä, jos kokeet olisi tehty paljaalla asfaltilla. Keli ei tuntunut liukkaalta edes kengänpohjan alla. Renkaiden säästämiseksi C-trip-mittaukset tehtiin ainoastaan kuluneilla kitkarenkailla. Ilman lämpötila oli  $-14^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 15. Kuuraa pääkiitotiellä.

### 3.7 Karhennettu jää, testirata (koe 7)

Samana kolmantena testipäivänä suoritettiin vielä viimeiset mittaukset karhennetulla jäällä. Mittaukset uusittiin, koska nyt saatiin mukaan Nokia Renkaiden kitkamittausauto korvaamaan rikkoutunut Kitka-Sisu. Edellisillan karhennuksen jälkeen pinnalle suoritettiin vain voimakas harjaus, jolla saatiin paikoitellen kiillottunut pinta tasalaatuisemmaksi. Syntynyt keli ei ollut enää niin "luonnottoman karkea" kuin edellisenä iltana, vaan vastasi paremmin todellista ajoneuvojen kuluttamaa tienpintaa. Pinta tuntui kuitenkin edelleen melko pitävältä jääpinnalta. Pakkasta oli  $-11^{\circ}\text{C}$ .

### 3.8 Jääpolanne, tie (koe 8)

Kun Nokia Renkaiden kitkamittausauto oli saatu mukaan testeihin, sillä haluttiin mitata myös sama edellisenä päivänä mitattu jääpolanteinen tieosuus Murmanskiin johtavalla tiellä. Mittaajien mukaan keli tuntui hyvin samanlaiselta kuin edellisenä päivänä vastaavissa mittauksissa. Ilman lämpötila oli  $-10^{\circ}\text{C}$ .

### 3.9 Luminen tie (koe 9)

Neljäntenä mittauspäivänä etsittiin Ivalon lähistöltä lumipolanteella olevaa tietä, mutta paras tarkoitukseen löydetty tieosuus oli lähinnä luminen asfaltti-pintainen tieosuus, jonka vähäisen liikenteen vuoksi lumi ei ollut juurikaan polantunut (kuva 16). Tie oli pitävän oloinen. Mittaajien mukaan ajoneuvoja oli helppo hallita mittausnopeudessa 50 km/h lukuun ottamatta yhtä jyrkempää kaarretta, jossa oli ajoneuvojen hallintaan keskityttävä hieman enemmän. Pakkanen oli testiviikon leudoimpia, ilman lämpötila oli  $-2^{\circ}\text{C}$  samalla kun lentoaseman sääasema mittasi kentän pinnan lämpötilaksi  $-7^{\circ}\text{C}$ .



Kuva 16. Luminen tie.

### 3.10 Jäinen tie (koe 10)

Edelliseltä mittauksieltä takaisin testiradalle ajettaessa otettiin suppea mittaussarja E4-tiellä, joka oli mittaajien mukaan varsin pitävä, mutta ohuen jääkalvon peittämä (kuva 17). Kengän pohjalla kokeiltaessa jääkalvo vaikutti hyvin samanlaiselta kuin testiratojen sileä jää: ensin tahmealta ja pitävältä, mutta kengän lähtiessä liukumaan, liukkaalta. Sää oli edelleen samanlainen kuin edellisen kokeen aikana.





Kuva 17. Hieman jäinen 4-tie.

### 3.11 Sileä jää, testirata (koe 11)

Viimeinen testiradalla tehty mittaus suoritettiin sileällä jääpinnalla (kuva 18). Autojen käyttäytymisen perusteella voitiin välittömästi todeta, että kyseessä oli koko testiviikon liukkain keli. Maastoautolla ilman ABS-jarruja 50 km/h nopeudesta mitattaessa auto pyörähti erään epäonnistuneen jarrutuksen jälkeen neljä kertaa pysty akselin ympäri. Muilla keleillä ei aiemmin ollut sattunut ainuttakaan pyörähdystä pysty akselin ympäri.

Keliauton kuljettajan mukaan ”80 km/h nopeudessa tuntui, kuin auto olisi koko ajan ollut lähtemässä käsistä. Yllättävän esteen väistäminen olisi ollut täysin mahdotonta.” Saman kuljettajan mukaan auton käyttäytyminen 50 km/h nopeudessa oli kuitenkin selvästi hallitumpaa. Vastaavanlaisia ajoneuvon hallintavaikkeitä ei aiemmilla keleillä 80 km/h nopeudessa ollut. Kengän pohjaa vasten jää tuntui taas ensin tahmealta, mutta kengän lähtiessä liukumaan, liukkaalta. Ilman lämpötila oli  $-1^{\circ}\text{C}$  ja lentokentän sääaseman mittaama kentän pinnan lämpötila  $-6^{\circ}\text{C}$ .



*Kuva 18. Sileä jää testiradalla.*

### **3.12 Lumipolanne (koe 12)**

Viimeisenä eli viidentenä testipäivänä tehtiin lähes täysi testisarja Sodankylän pohjoispuolella sijaitsevalla lumipolanteisella tiellä (kuva 19). Mittauksessa käytettiin lyhyttä 3 km mittaista tieosuutta, sillä 4-tieltä katsoen tieosuuden alku oli varsin hyvän lumipolanteen peittämä, mutta pidemmälle mentäessä tie tuli yhä jäisemmäksi.

Poikkipinta-alaltaan tie oli kapea, mutta runsas tukkirekkaliikenne oli synnyttänyt tien pinnalle lumipolanteen. Ajoneuvojen hallinta tiellä oli muuten helppoa, mutta C-trip-menetelmällä mitattaessa jarrutusten yhteydessä auto käyttäytyi levottomammin kuin aiemmissa tiemittauksissa ja tämän vuoksi auton hallitseminen jarrutusten aikana kapealla tiellä oli vaikeaa. Ilman lämpötila oli 0°C ja tien pinta oli paikallisen sääaseman mukaan 2 astetta kylmempi.





*Kuva 19. Lumipolanteinen tie*

### **3.13 Jäinen tie (koe 13)**

Edelliseltä mittausosuudelta poistuttaessa mitattiin 4-tiellä poikkeuksellisen alhaisia kitka-arvoja. Ohuen jääkalvon peittämä tie oli selvästi liukkaampi kuin edellisenä päivänä 4-tiellä mitattu osuus (koe 10). Keliautoa ajaneen Timo Unholan mukaan keli oli "testiviikon tyypillisin liukas talvikeli". Ajoneuvojen hallinta tiellä oli edelleen kuitenkin melko helppoa.

## 4 KOKEIDEN TULOKSET

Laitteiden antamia tuloksia tarkasteltaessa on syytä erottaa toisistaan laitteiden antaman kitka-arvon absoluuttisuus ja suhteellisuus. Absoluuttisella arvolla tarkoitetaan varsinaista kitkamittauksen tulosta, joka on kuitenkin kalibrointimenettelyllä usein muutettavissa sille tasolle, miten esim. Tiehallinnon laadun määrittely kitka-arvon ja kelikuvauksen yhteyttä kuvaa. Näin ollen tärkeämpi on kitka-arvon suhteellisuus eli se, miten kitkaa mittaava laite pystyy erottelemaan eri kelejä. Ts. kyse on siitä, miten laite mittaa tietyn kelin kitkaa suhteessa toisiin keleihin.

Tässä luvussa vertaillaan eri laitteiden, laitekokoonpanojen ja mittaustapojen antamia kitkamittauksia eri keliolosuhteissa. Syntynyttä kitkan vaihtelua eri kelienvälillä kutsun laitteen kitkaprofiiliksi. Kaksi laitetta, kokoonpanoa tai mittaustapaa ovat keskenään vertailukelpoisia, jos niillä on samanlainen kitkaprofiili, vaikka absoluuttiset kitka-arvot eroaisivatkin toisistaan.

Tämän luvun kuvissa kitkakerroin on esitetty pystyakselilla sadasosina ( $=100 \times$  kitkakerroin). Kuten luvussa 2 on kerrottu, mittausrenkaan sortokulmaa hyväkseen käyttävissä laitteissa (Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauto, Kitka-Sisu ja Nokian kitkanmittausauto) kitkakerroin on suoraan mittausrenkaaseen vaikuttavan pysty- ja vaakavoiman suhde. C-trip-laitteet on tämän luvun ja liitteiden 2 ja 3 kuvissa jälkikalibroitu luvun kolme alussa kuvatulla tavalla siten, että lumipolanteella saavutettiin kaikilla renkailla ja jarrujärjestelmillä arvo 0,29.

Tämän luvun ja liitteiden 2 ja 3 kuvissa kelit on lueteltu järjestyksessä pitävimmästä liukkaimpaan. Tämä liukkaus on määritetty kokeissa tehtyjen jarrutusmatkamittausten avulla. Kunkin kokeen lopussa mitattiin C-trip-mittauksissa käytetyllä henkilöautolla jarrutusmatkat sekä vanhojen kitkarenkaiden, että uusien nastarenkaiden kanssa. Jarrutusmatkamittauksissa käytettiin ABS-jarruja ja jarrutukset aloitettiin 50 km/h nopeudesta.

### 4.1 Kitkanmittauslaitteiden vertailu

Kuvissa 20 – 24 on vertailtu eri kitkanmittauslaitteita. Radalla ja lumipolantiella tehtyjä testejä kuvaavissa kuvissa (kuvat 20 – 22) olevat kitkamittausarvot tarkoittavat Kitka-Sisussa (tai Nokian kitkanmittausautossa) vanhalla ja uudella nastarenkaalla saatujen arvojen keskiarvoa ja C-tripissä ABS-jarruilla sekä 50 km/h tuntinopeudessa mitattujen vanhalla ja uudella nastarenkaalla saatujen arvojen keskiarvoa.

Kuvissa esitetyt keliauton arvot ovat vanhan ja uuden renkaan keskiarvoja ja BV-11:n arvot Ivalon ja Rovaniemen laitteen keskiarvoja (paitsi sileällä jäällä kokeessa 11, jolloin käytettävissä oli vain Ivalon laite). Fiidon arvot ovat kyseisessä kelissä mitattujen arvojen keskiarvoja. Tiellä tehdyt testit sekä pääkiitotiellä tehty kuurakelin testi (kuvat 23 – 24) tehtiin suppeammilla mittauskokoonpanoilla. Kokoonpanot on selitetty kuvan 23 kuvatekstissä.

Kitka-Sisun mittaamat kitka-arvot olivat säännönmukaisesti korkeammat kuin muilla laitteilla mitatut. Keliauto ja Kitka-Sisu/Nokian Renkaat saivat niissä mittauksissa, joissa kummatkin olivat mukana, hyvin samantapaisia tuloksia lukuun ottamatta lumisella tiellä tehtyjä mittauksia (koe 9). Lumisella tiellä



Nokia Renkaiden auto sai yli 70 % korkeamman kitka-arvon kuin keliauto, vaikka muissa vertailuissa ero oli vain 10 – 15%. Myös lumiradalla (koe 3) keliauton kitka-arvot olivat poikkeuksellisen alhaiset. Todennäköisesti lumella keliauton kitkaa mittaava rengas käyttäytyi hyvin eri tavoin kuin muiden kitkalaitteiden renkaat. Lisäksi kuuralla (koe 6) keliauto antoi yllättävän matalia kitka-arvoja ja viimeisellä mittausosuudella, jäisellä tiellä, suorastaan käsittämättömän matalia arvoja aiempiin jääkelien arvoihin nähden.

Kuten aiemmissa tutkimuksissa on jo todettu, BV-11:lle on tyypillistä suuri kitka-alue. Pitävällä kelillä BV-11 antaa korkeimmat kitka-arvot ja liukkaimmilla keleillä alhaisimmat. BV-11:n yllättävin mittausarvo syntyi ensimmäisenä tehdystä karhennetun jään mittauksesta, jossa laitteet mittasivat noin 0,05 korkeampia kitkoja, kuin olisi voinut olettaa. Ilmiölle voi löytää kahdenlaisia selityksiä. Ensinnäkin, kuten myöhemmistä kuvista voi havaita, kitkarenkailla varustettu C-trip havaitsi samalla kelillä korkeampia kitka-arvoja, mikä viittaa siihen, että keliin on liittynyt joitain erityisiä ominaisuuksia, johon eri laitteet ja mittauskokoonpanot reagoivat eri tavoin.

Paikalla tehtyjen havaintojen mukaan muihin karhennetun jään keleihin nähden kyseinen jääpinta oli karhennettu suhteessa huonoimmin, minkä kuitenkin pitäisi ennemmin laskea kuin nostaa kitkaa. Toisaalta kuitenkin testin aikana vallitsi kevyt lumisade, joka oli varsin vähäistä, mutta kuitenkin runsaampaa kuin minkään muun testin aikana. On kuitenkin vaikea uskoa ohuen lumipinnan nostavan kitka-arvoja.

Eräs mahdollinen selitys liittyy BV-11:n mittausrenkaiden sisäänajon riittävyyteen ja yleensä mittausrenkaiden kitkaominaisuuksien stabiilisuuteen käytön funktiona. Ennen tutkimusta kahteen BV-11-laitteeseen vaihdettiin uudet renkaat ja testirenkaat sisäänajettiin Ilmailulaitokselta saatujen ohjeiden mukaan pääkiitotiellä noin 10 – 20 km:n mittauksella. Kummankin mittalaitteen arvot näyttivät hyvin samantapaisia lukemia aina keskiviikkoiltaan asti, jolloin Ivalon BV-11-laite mittasi 0,24:n kitkaa ja Rovaniemen laite 0,265:n kitkaa.

Tässä tilanteessa havaittiin, että Ivalon laitteella oli päivällä käyty mittaamassa pääkiitotien kitkaa, mutta Rovaniemen laitteella ei. Tämän jälkeen Rovaniemen laitteella käytiin koeluontoisesti mittaamassa vastaava sarja pääkiitotiellä, ja uudestaan mitatessa Rovaniemen laite antoikin arvoksi 0,23. Havainto oli varsin yllättävä, sillä on vaikea kuvitella lähes kuviottoman renkaan kuluvan merkittävästi sisäänajon jälkeen.

Ilmailulaitoksella on lisäksi ollut se käsitys, että renkaan kulumisella olisi vähäinen vaikutus BV-11-laitteen kitka-arvoihin, mutta laitekohtaiset erot ovat suuria. Edellä kuvatun, tosin yksittäisen havainnon perusteella kuitenkin laitekohtaiset erot vaikuttavat pieniltä, mutta renkaan kulumisen vaikutus saattaa olla hyvinkin suuri. Suurempi renkaan kulumista testaava mittaus-sarja kuitenkin vasta vahvistaisi sen, minkä suuruudesta ilmiöstä on kyse.

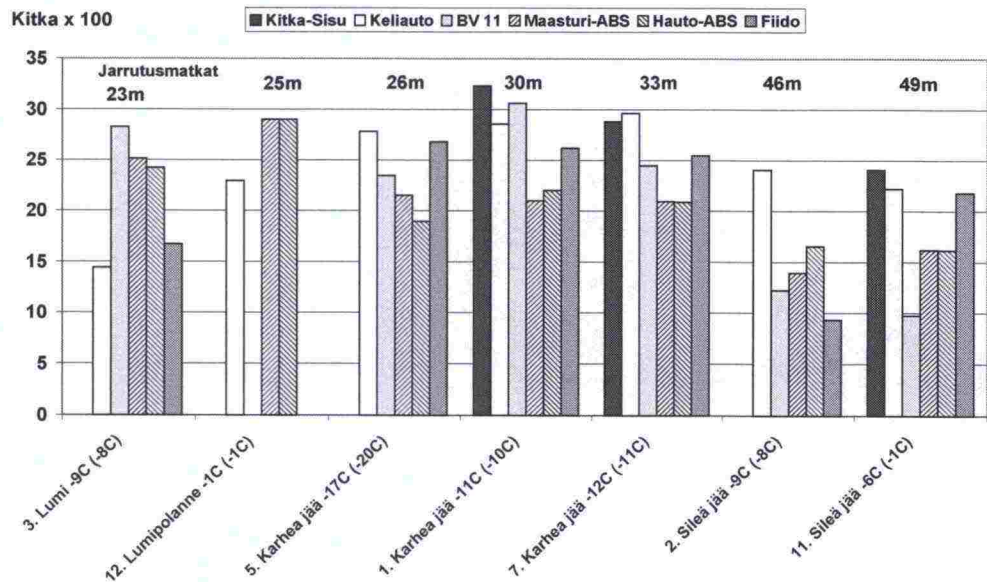
Tätä testiä ja kuurakelin mittauksia lukuun ottamatta Rovaniemen laitetta ei käytetty päätien kitkamittauksissa ja pääsääntöisesti Rovaniemen laite näytti samaa tasoa olevia lukemia Ivalon laitteen kanssa. Kuitenkin laitteen mittausrenkaan kulumiseen liittyvä epävarmuus estää vahvistamasta sitä, pystytäänkö BV-11:lla erottamaan sileällä jäällä  $-9^{\circ}\text{C}$  ( $-8^{\circ}\text{C}$ ) ja sileällä jäällä  $-6^{\circ}\text{C}$

(-1°C) oleva liukkausero, vai voiko ero johtua renkaan kulumisesta (jälkimmäisessä kokeessa vain lvalon laite oli käytettävissä).

C-tripillä varustetussa autossa yllättävintä on ehkä se, kuinka vähän laite reagoi pitävemmän (koe 2) ja liukkaamman (koe 3) sileän jään eroon, jonka koekuljettajat tunsivat selvästi. Selvimmin eron huomasi kitkarenkailla varustettu C-trip-henkilöauto ja huonoimmin nastarenkailla varustettu C-trip-maastoauto.

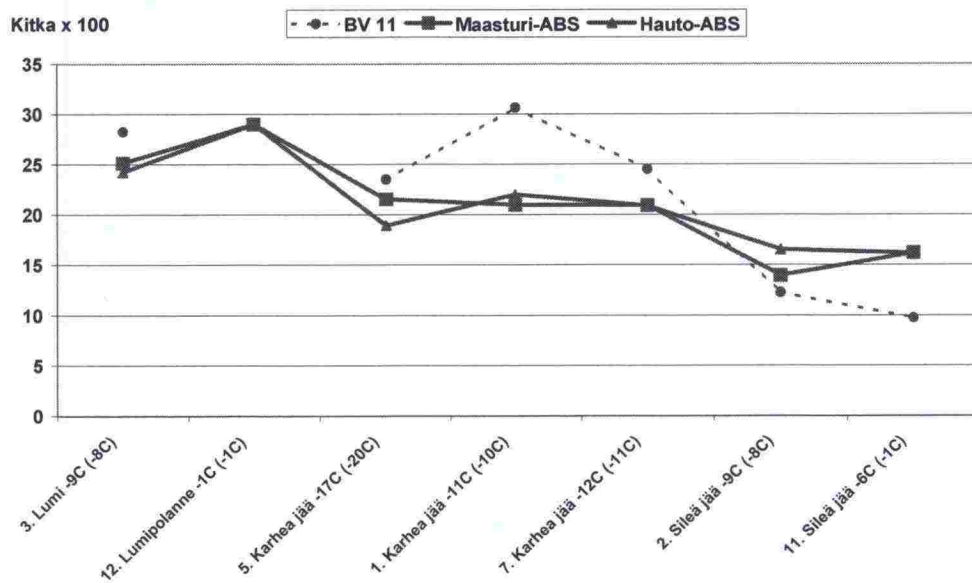
C-tripillä varustetun maasturin ja henkilöauton välillä ei kuitenkaan pääsääntöisesti ollut merkittävää eroa. Pelkästään nastarenkailla saatuja tuloksia tarkasteltaessa ainoastaan yhdessä kaikista seitsemästä mittauksesta saatiin matemaattisesti merkittävä ero.

Fiido käyttäytyi samantapaisesti kuin samanlaisella toimintaperiaatteella varustettu BV-11. Sen kitka-alue oli laaja, mutta käyttäytyminen ei ollut aivan niin johdonmukaista suhteessa jarrutusmatkoihin kuin BV-11:lla. Lisäksi Fiido antoi kaikista liukkaimmalla jääradalla poikkeuksellisen korkeita kitka-arvoja. Mittaajan arvion mukaan Fiido olisi reagoinut tuolloin jääradan pinnan tahmeuteen.

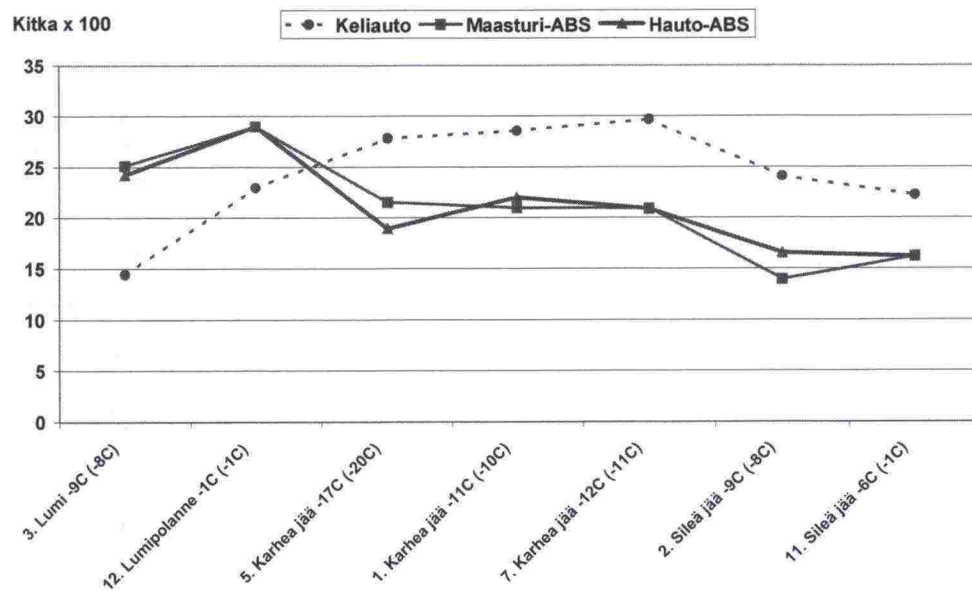


Kuva 20. Laitteiden vertailua. Testit testiradalla ja lumipolanteella. Laitekohtainen kitka-arvo on saatu 50 km/h nopeudessa nastarenkailla (keliautossa uusi ja vanha mittausrenkas, BV-11:ssä ja Fiidossa omat mittausrenkaat) mitattujen arvojen keskiarvona. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa). Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Jarrutusmatka on henkilöautolla 50 km/h nopeudesta vanhoilla kitkarenkailla ja uusilla nastarenkailla saatujen jarrutusmatkojen keskiarvo.

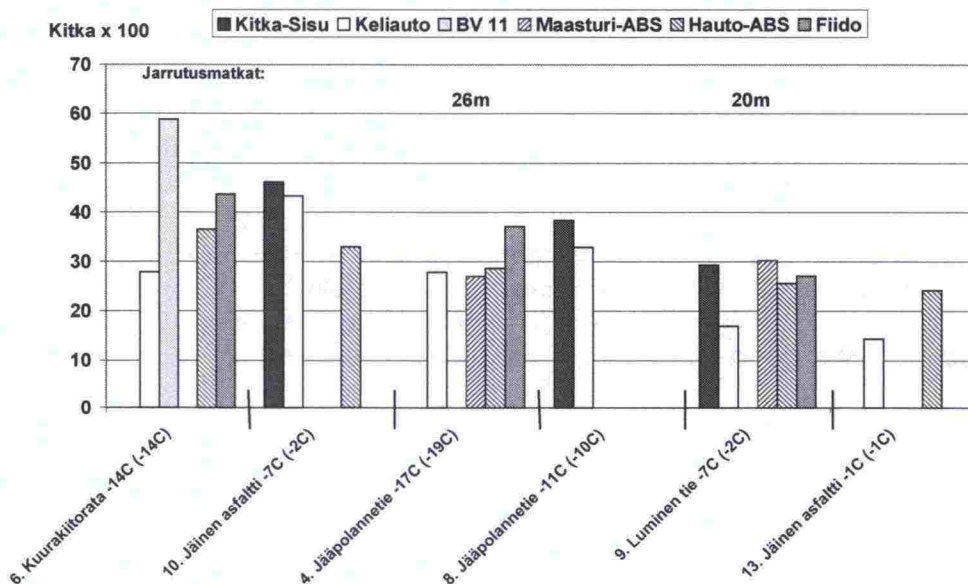




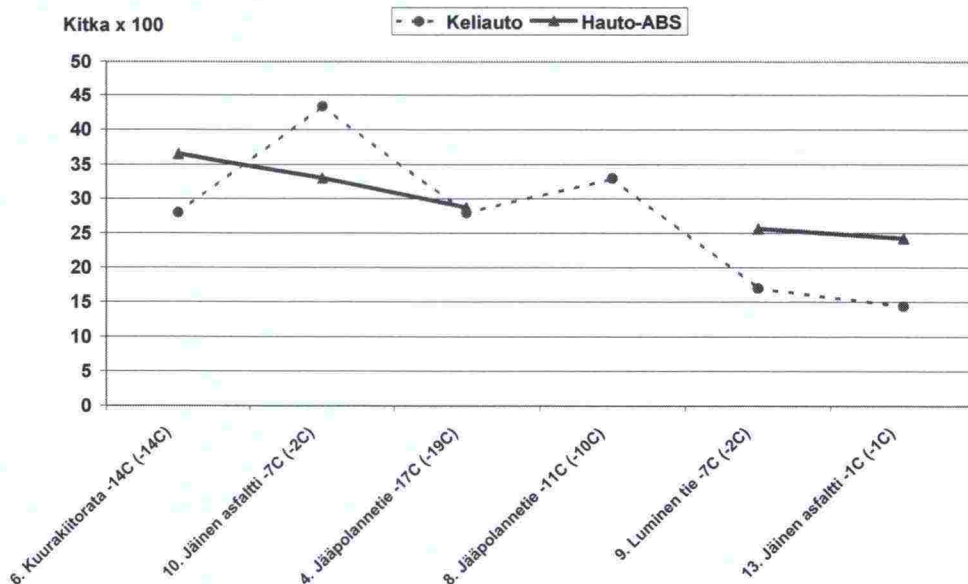
Kuva 21. Laitteiden vertailua. Vertailut on esitetty samalla periaatteella kuin kuvassa 20, mutta vertailuun on valittu vain BV-11 ja C-tripit ja mittausarvot on esitetty viivadiagrammina.



Kuva 22. Laitteiden vertailua. Vertailut on esitetty samalla periaatteella kuin kuvassa 20, mutta vertailuun on valittu vain keliauto ja C-tripit ja mittausarvot on esitetty viivadiagrammina.



Kuva 23. Laitteiden vertailua. Kitka-Sisun (Nokia Renkaiden kitka-auton) arvot on saavutettu vanhalla kitkarenkaalla. Keli-auton arvot ovat 50 km/h nopeudessa vanhalla mittausrenkaalla saatujen tulosten keskiarvoja, lukuun ottamatta koetta 4, joka on tehty uudella renkaalla. BV-11:n arvo on Ivalon ja Rovaniemen laitteilla saatujen arvojen keskiarvo. ABS-maastoautolla saadut arvot ovat 50 km/h nopeudessa uudella nastarenkaalla mitattuja arvoja. ABS-henkilöautolla mitatut arvot ovat 50 km/h nopeudessa vanhalla kitkarenkaalla mitattuja arvoja.



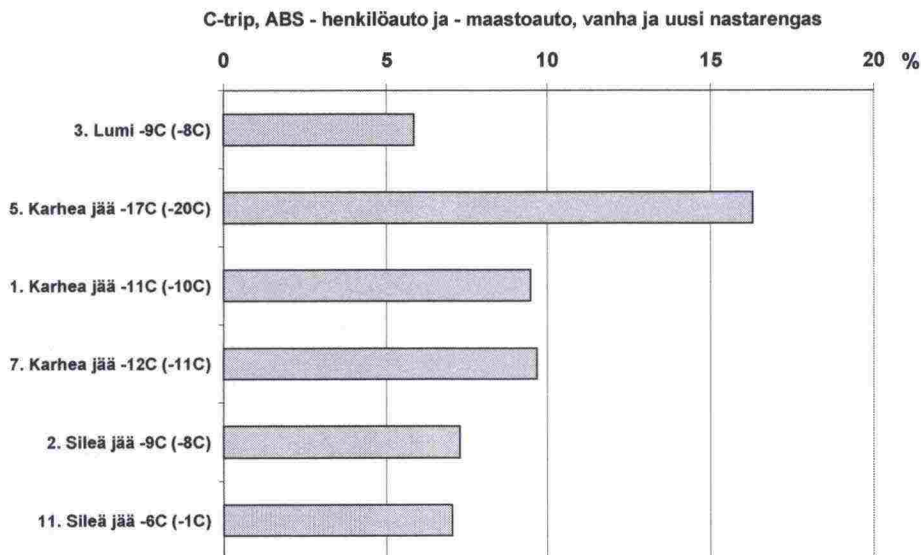
Kuva 24. Laitteiden vertailua. Vertailut on esitetty samalla periaatteella kuin kuvassa 23, mutta vertailuun on valittu vain keli-auto ja C-trip-henkilöauto, ja mittausarvot on esitetty viivadiagrammina.



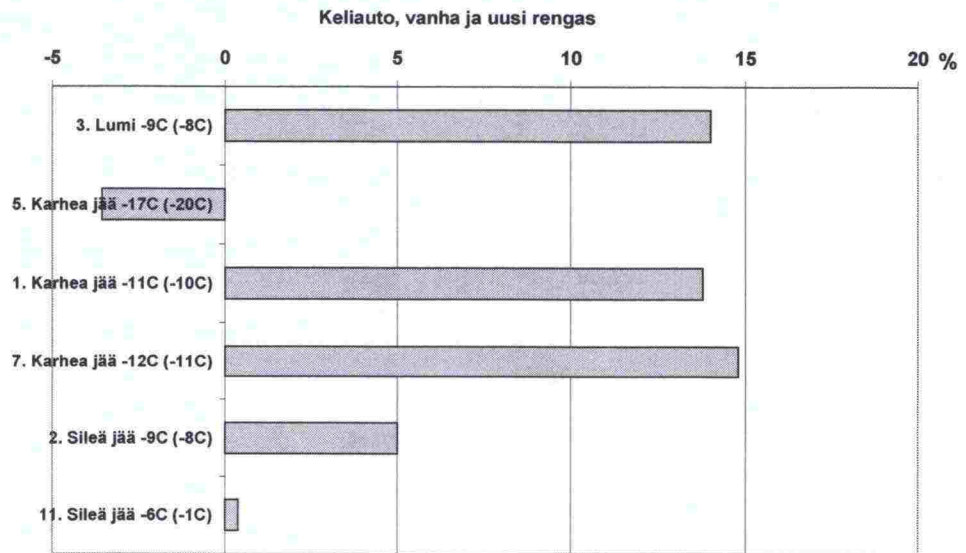
## 4.2 Mittausnopeuden vaikutus

Mittausnopeuden nostaminen näyttää pääsääntöisesti nostavan kitka-arvoja. Maastoautolla ja henkilöautolla tehtiin sekä uusilla että käytetyillä nastarengasilla kullakin yhdistelmällä kuudella eri kelillä kitkamittaukset sekä 50 km/h että 80 km/h nopeudesta. Syntyneistä 24 vertailuparista 20 tapauksessa kitka kasvoi nopeuden noustessa (vertailuparit liitteessä 2). Näistä havainnoista 9 oli merkitseviä 95 %:n luottamusvälillä. Yksikään nopeuden laskua osoittava havainto ei ollut merkitsevä. Kuvassa 25 on esitetty yhteenvedonomaaisesti se, kuinka paljon 80 km/h mittausnopeus keskimäärin vaikutti mittausarvoihin verrattuna 50 km/h nopeudessa saavutettuihin arvoihin.

Keliautolla vastaava vertailu tehtiin uudella ja vanhalla mittausrenkaalla. Kahden metrin tallennusvälillä vertailupareja 50 km/h ja 80 km/h välillä syntyi yhteensä 11 kpl ja vielä 20 metrin tallennusvälillä 4 kappaletta (vertailuparit liitteessä 2). Syntyneistä vertailupareista 10 osoitti nopeuden kasvua ja 5 laskua. Nopeuden kasvua osoittaneista havainnoista 2 oli merkitseviä ja nopeuden laskua osoittaneista havainnoista 1 oli merkitsevä. Keliautolla nopeuden vaikutus kitka-arvoihin oli siis saman suuntainen kuin C-tripillä, mutta ei yhtä selvä. Kuvassa 26 on esitetty myös keliauton osalta, paljonko 80 km/h vaikutti keskimäärin mittausarvoihin.



Kuva 25. Nopeudessa 80 km/h mitattujen kitka-arvojen keskimääräinen ero niihin kitka-arvoihin nähden, jotka on mitattu 50 km/h tuntinopeudessa.



Kuva 26. Nopeudessa 80 km/h mitattujen kitka-arvojen keskimääräinen ero niihin kitka-arvoihin nähden, jotka on mitattu 50 km/h tuntinopeudessa.

#### 4.3 Renkaiden vaikutus mittaustuloksiin

Mikäli renkaan kulumisella olisi vaikutusta C-trip-mittauksiin, se osaltaan eliminoituisi sillä, että laitetta käydään säännöllisesti kalibroimassa polannepinnalla ja näin renkaiden kulumisen muuttama kitkataso saadaan jälleen kohdalleen. Eri tavalla kuluneiden renkaiden käyttö kitkamittauksissa aiheuttaa kuitenkin ongelmia, jos renkaiden välillä on löydettävissä erilainen kitkaprofiili, ts. jos esim. kuluneet renkaat antavat tietyllä kelillä samanlaisia kitka-arvoja kuin uudet ja toisella kelillä johdonmukaisesti erilaisia.

Sekä ABS-jarrullisella että -jarruttomalla maastoautolla saatiin vanhoilla nastarenkailla pääsääntöisesti korkeampia kitka-arvoja sileällä jäällä ja matalampia kitka-arvoja karhennetulla jäällä, kuin uusilla nastarenkailla (kuvat 27 – 28). Renkaiden nastaulkonemat on hyvin samanlaiset, joten selitystä on haettava kulutuspinnan ohenemisen aiheuttamasta kitkaominaisuuksien muutoksesta. Ilmiö on pieni, mutta siten säännönmukainen, että sitä voidaan pitää merkittävänä.

Myös C-tripillä varustetussa henkilöautossa (kuvat 29 – 30) on havaittavissa samantyyppinen ilmiö nastarenkailla mitattuja kitka-arvoja tarkasteltaessa. Vanhat nastarenkaat antavat sekä ABS:ää käytettäessä, että ilman ABS:ää ajettaessa sileällä jäällä selvästi uusia renkaita korkeampia kitka-arvoja, kun taas karhennetulla jäällä kitka-arvot ovat lähempänä toisiaan. Vanhojen nastarenkaiden korkeampi nastaulkonema selittää pitkälle sileällä jäällä mitatut selvästi korkeammat kitka-arvot.

Uudella ja vanhalla kitkarenkaalla mitattuja kitka-arvoja vertailtaessa on vaikea löytää mitään systemaattisia eroja. Sileällä jäällä eri kitkarenkaat käyttäytyvät hyvin samantapaisesti, mutta karkealla jäällä uusi kitkarengas antaa useasti korkeampia kitka-arvoja, ei kuitenkaan aivan säännönmukaisesti. Erityisesti huomio kiinnittyy siihen, että aikajärjestyksessä ensimmäisen kar-

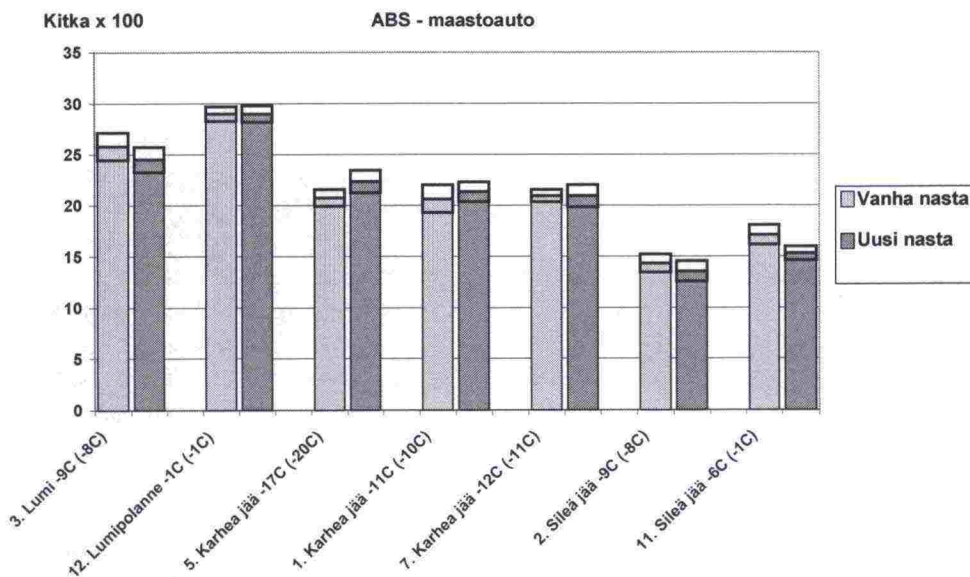


hean jään kelin aikana saadaan ABS-jarruilla ja kitkarenkailla poikkeuksellisen korkeita kitka-arvoja, – aivan kuten BV-11:lla.

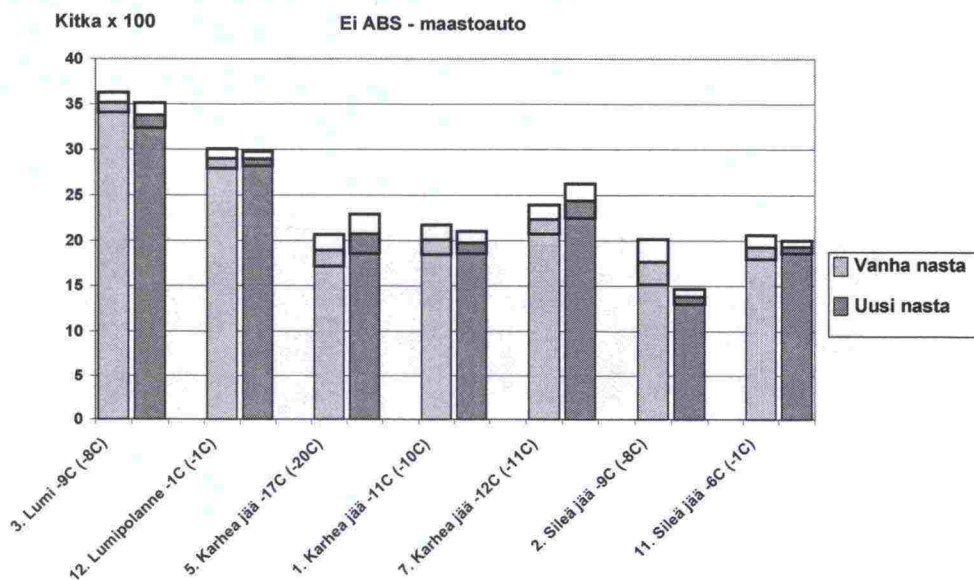
Kitka- ja nastarenkaita keskenään verrattaessa on erittäin selkeästi havaittavissa, miten kitkarenkaat antavat nastarenkaaseen verrattuna suhteellisesti selvästi korkeampia arvoja karhealla jäällä, mutta alhaisempia sileällä jäällä. Etenkin kuvia 31 – 32 tarkasteltaessa voidaan havaita, miten kitkarenkaiden kitka-alue on selvästi nastarenkaita laajempi. Samalla on huomattava, miten kitkarenkaat erottavat paremmin jälkimmäisen sileän jään kelin aikana vallinneen poikkeuksellisen liukkauden. Nastarenkailla saadut havainnot sileän jään keleillä vallinneista liukkauseroista eivät ole yhdenmukaisia koekuljettajien välittämien ajotuntemusten kanssa.

Keliautolla saadut havainnot vanhalla ja uudella mittausrenkaalla mitatuista kitka-arvoista ovat hyvin erilaisia (kuva 33). Mittaukset antavat ajoittain hyvin samanlaisia ja toisinaan hyvin erilaisia tuloksia, mitä on mahdoton selittää rengasominaisuuksiin vedoten. Laitteen kyky toistaa samantyyppisiä kitka-arvoja tasalaatuisella kitka-pinnalla vaikuttaa epävarmalta.

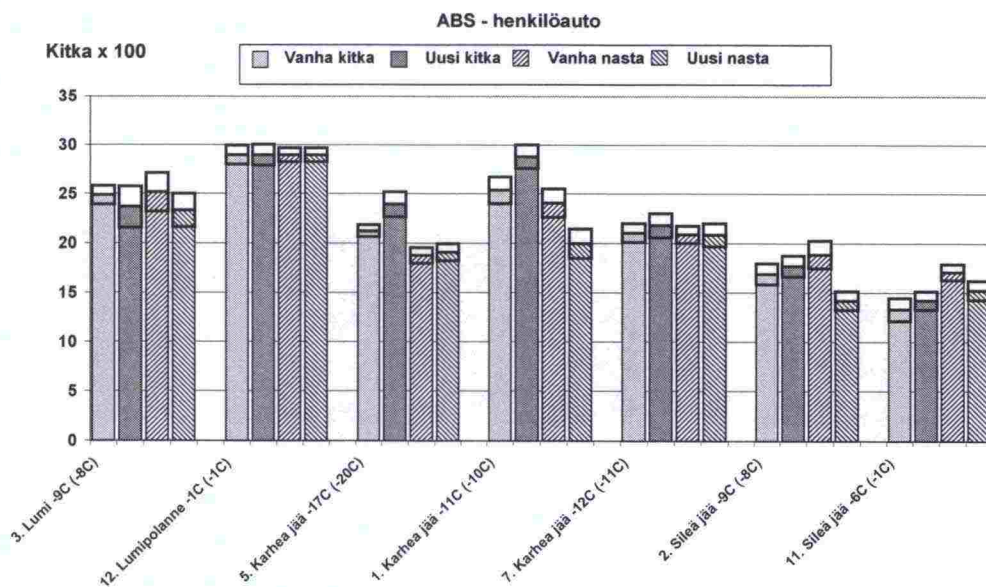
Kitka-Sisulla (ja Nokian keliautolla) mitatut arvot tukevat C-tripillä mitattuja havaintoja selvästi siltä osin, että karhealla jäällä kitkarenkaiden antamat kitka-arvot ovat suhteessa nastarenkaisiin selvästi korkeampia (kuva 34). Toisin kuin C-trip-laitteilla, sileällä jäällä sekä kitka- että nastarenkailla mitatut arvot ovat hyvin samanlaisia.



Kuva 27. ABS-maastoautolla eri rengastyypeillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

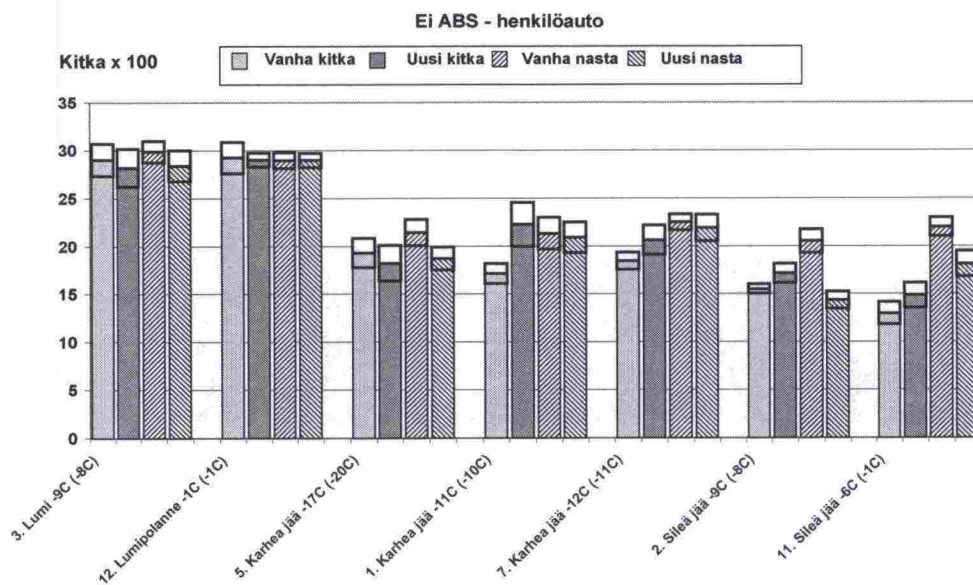


Kuva 28. Ei-ABS-maastoautolla eri rengastyypeillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

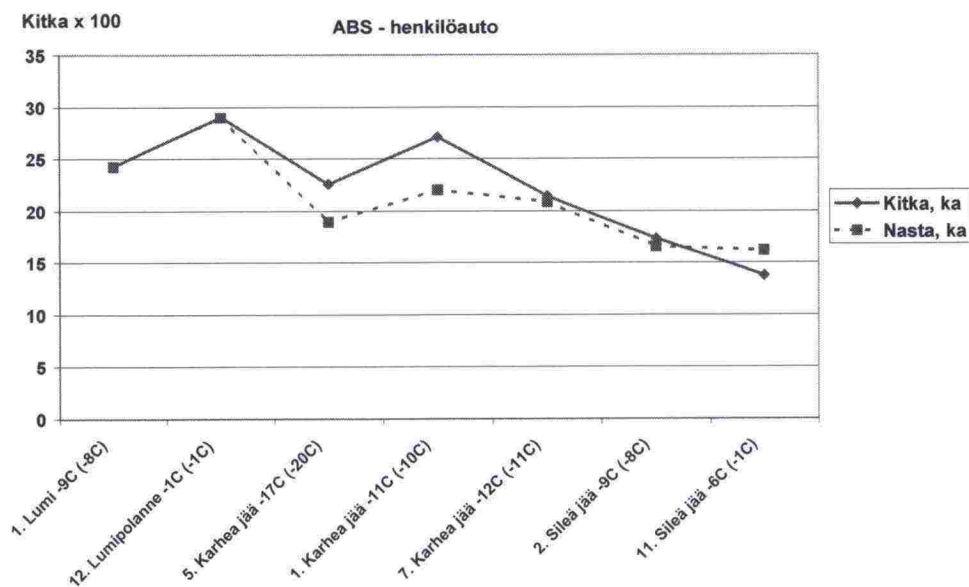


Kuva 29. ABS-henkilöautolla eri rengastyypeillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

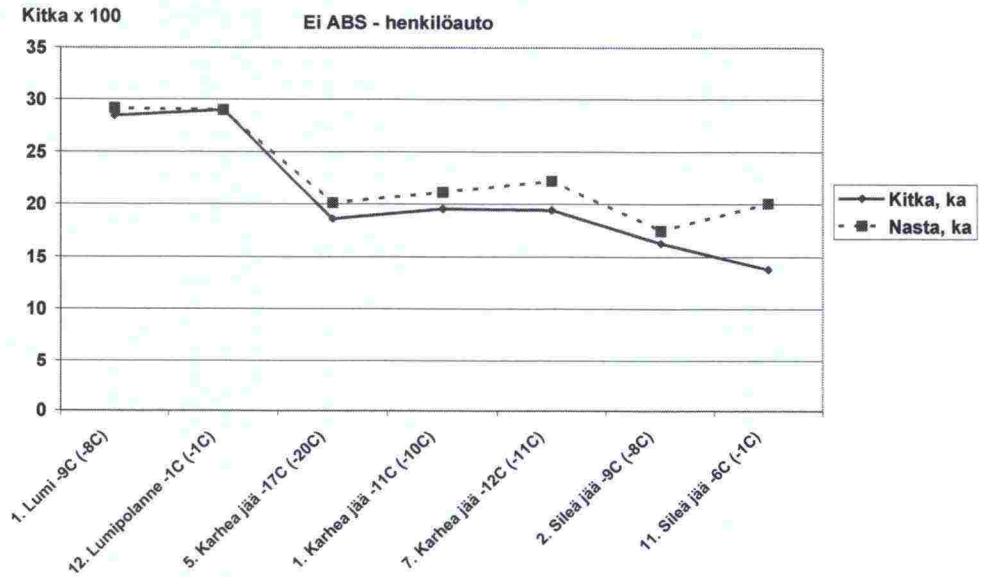




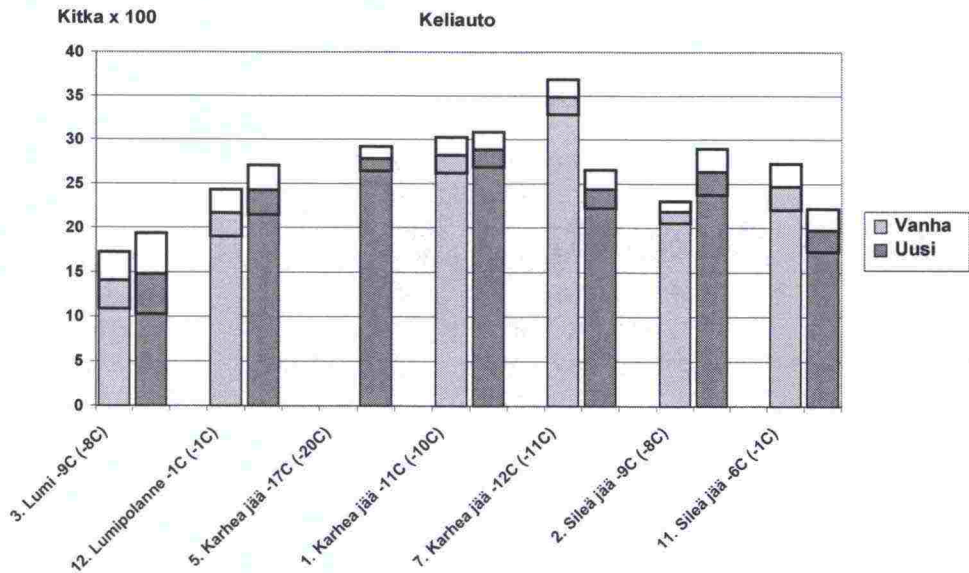
Kuva 30. Ei-ABS-henkilöautolla eri rengastyypeillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).



Kuva 31. ABS-henkilöautolla vanhalla ja uudella kitkarenkaalla sekä vanhalla ja uudella nastarenkaalla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

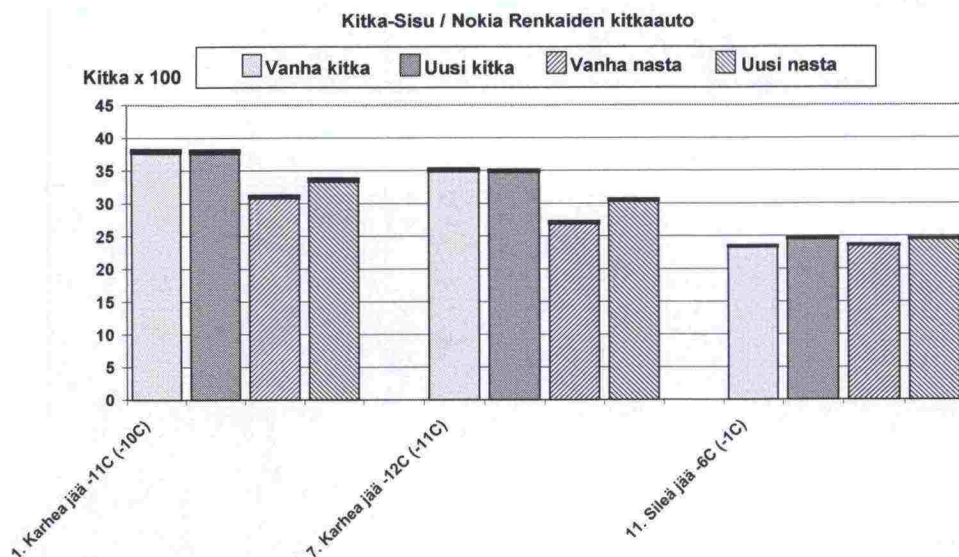


Kuva 32. Ei-ABS-henkilöautolla vanhalla ja uudella kitkarenkaalla sekä vanhalla ja uudella nastarenkaalla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).



Kuva 33. Keli-autolla vanhalla ja uudella renkaalla sekä 2 metrin tallennusvälillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).





Kuva 34. Kitka-Sisulla (Nokia Renkaiden kitka-autolla) eri renkailla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:in luottamusvä-  
lillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus,  
pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

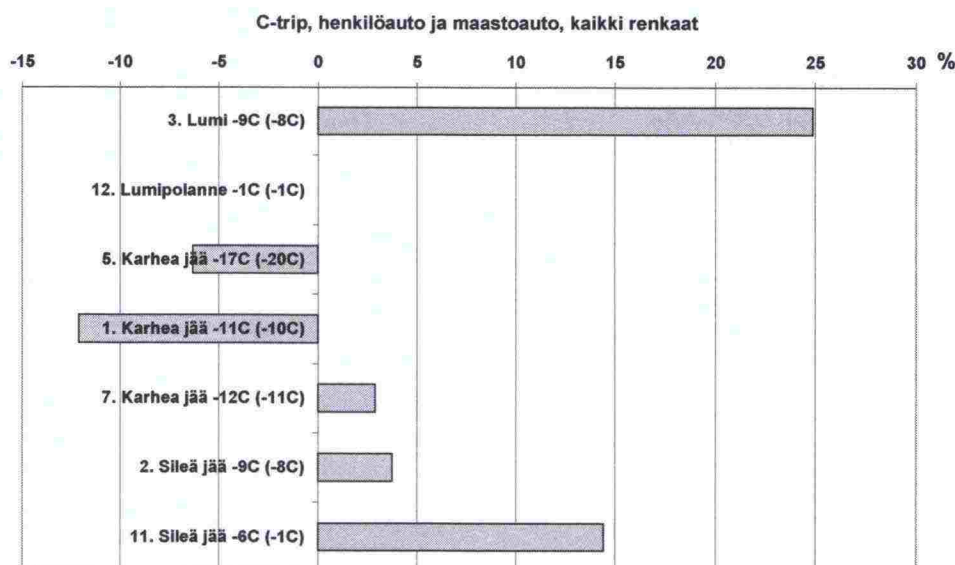
#### 4.4 ABS-järjestelmän vaikutus

Kullakin rengassarjalla suoritettiin mittaukset sekä ABS-jarrullisella että -jarruttomalla ajoneuvolla siten, että välittömästi tietyllä renkaalla suoritettua mittaussarjan jälkeen irrotettiin ABS-järjestelmän sulake. Näin saatiin suoritettua nopeasti peräkkäin mittaussarjat kummallakin jarrujärjestelmällä.

Suurin ABS-jarrullisen ja -jarruttoman C-trip-laitteen välinen ero syntyi lumiradalla tehdyissä kokeissa, joissa ilman ABS:ää olevat autot järjestään pureutuivat jarrutettaessa lumipinnan läpi kestopäällysteeseen, mitä taas ABS-jarrullisilla ajoneuvoilla ei ollut havaittavissa. C-trip-maastoauton osalta on liitteessä 3 kuvissa 45 – 46 tarkasteltavana 6 havaintoparia karkealla jäällä ja neljä sileällä jäällä. Neljässä karkean jään tapauksessa ilman ABS-jarruja tehdyt mittaukset antavat alhaisemman tuloksen, kun taas sileällä jäällä jatkuvasti korkeamman. Myös henkilöautolla (liitteen 3 kuvat 47 – 50) ilmiö on vastaavantyyppinen; karkealla jäällä ABS-jarruilla saadaan ABS-jarruttomaan vaihtoehtoon nähden suhteessa parempia tuloksia kuin sileällä jäällä.

ABS-jarrut muuttavat siis jonkin verran kitkaprofiilia, mutta jarrujärjestelmän vaikutus ei ole niin selvä ja systemaattinen kuin esim. edellä kuvattu rengastyypin (kitka/nasta) vaikutus. ABS-jarrujärjestelmä tuntuu vaikuttavan myös hieman eri tavoin nasta- kuin kitkarenkaiden kitkaprofiiliin, joten tiettyä rengastyyppiä käytettäessä ABS-jarrujen käytöllä ei ole niin paljoa merkitystä, mutta mikäli käytetään sekä kahta jarrujärjestelmää että rengastyyppiä, erilaisten kitkaprofiilien määrä kasvaa voimakkaasti.

Kuvassa 35 on esitetty vielä yhteenvedonomaaisesti kuinka paljon ilman ABS-jarruja saavutetut tulokset erosivat ABS-jarruilla saavutetuista tuloksista. Kuten edellä kuvattiin, ajoneuvot pureutuivat ilman ABS-jarruja voimakkaammin lumen läpi, ja lumella arvot olivat keskimäärin jopa 25 % korkeampia. Ehkä hieman yllättäen myös jälkimmäisessä sileän radan kokeessa ilman ABS:ää saatiin lähes 15 % parempia tuloksia (tilanteessa, jossa lumipolanteella päästiin kummallakin jarrujärjestelmällä 0,29:ään).



Kuva 35. Ilman ABS-jarruja saavutettujen tulosten ero ABS-jarruilla saavutettuihin tuloksiin nähden. Eri keleillä saavutetut keskimääräiset erot on kuvassa esitetty prosentteina.

#### 4.5 Mittaustulosten hajonnan vertailua

Mittaustulosten hajonta kertoo omaa kieltään mittausmenetelmän tai -kokoonpanon luotettavuudesta. C-tripillä suoritettut mittaukset tehtiin 10 mittauksen sarjoissa. Näiden sarjojen keskipoikkeamia vertailtaessa voidaan havaita, että ilman ABS-jarruja mitattaessa hajonnat olivat hieman suurempia kuin ABS-jarruilla (taulukko 6). Erot eivät kuitenkaan ole merkitseviä.

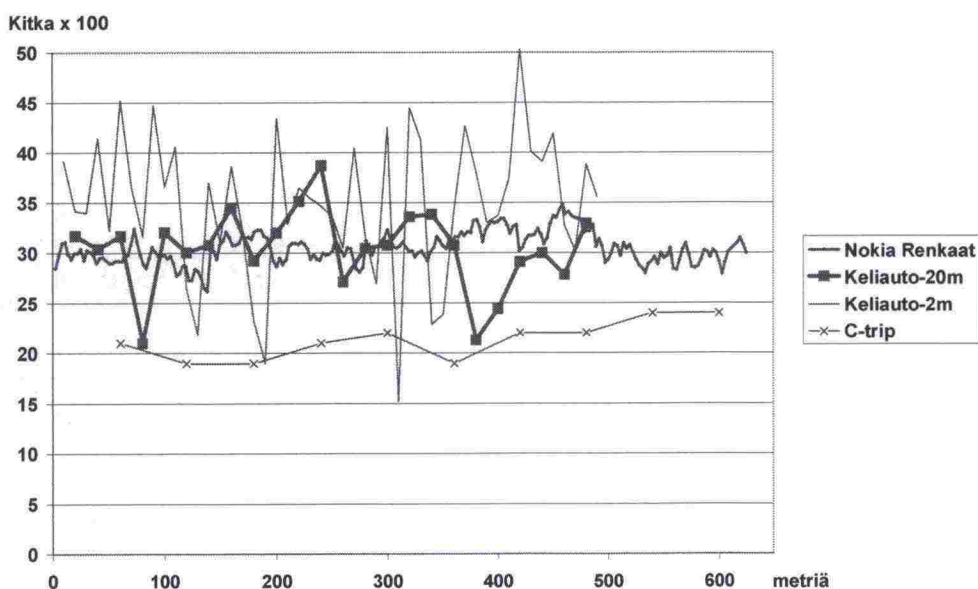
Kuvassa 36 on lisäksi esimerkinomaisesti kuvattu eräiden mittauksen tulosten vaihtelua mittausmatkan funktiona. C-tripin mittaukset olivat pistekohtaisia, ja kuvassa on arvioitu, että ne tapahtuivat 60 metrin välein.

Keliautolla mittauksia suoritettiin sekä 2 että 20 metrin tallennusvälillä. Vaihtelu 20 metrin tallennusvälillä on pienempää, koska mittausohjelma määrittelee kitkan tuolloin kaikkien 20 metrin matkalla saatujen mittausarvojen keskiarvona. Mittaustulosten hajonta 20 metrin tallennusvälillä on kuitenkin selvästi suurempaa kuin Nokia Renkaiden kitka-autolla, joka tallensi kitka-arvot 0,2 sekunnin välein. Nopeudessa 50 km/h tämä tarkoittaa 2,8 metrin välein tallennettuja kitka-arvoja.



Taulukko 6. Mittaustulosten hajonnan vertailua. Radoilla ja lumipolannetiellä tehdyt mittaukset. Tietyn rengastyypin keskiarvon virhe on vanhalla ja uudella renkaalla saatujen keskiarvon virheiden keskiarvo.

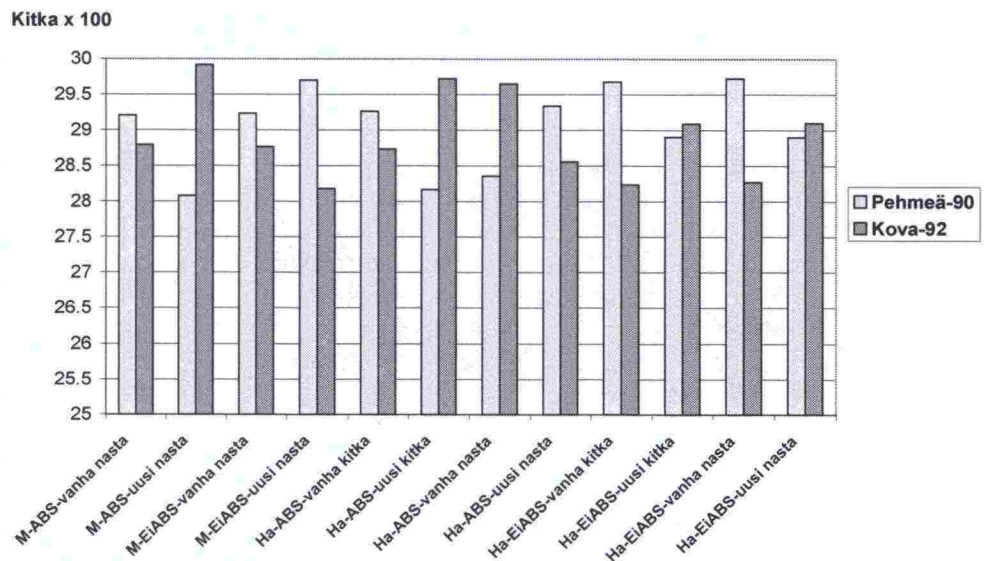
| Ajoneuvo           | Jarrujärjestelmä/<br>tallennusväli | Rengastyypi   | Keskiarvo | Keskiarvon virhe |
|--------------------|------------------------------------|---------------|-----------|------------------|
| C-trip maastoauto  | ABS                                | Nasta         | 1.64      | 0.97             |
| C-trip maastoauto  | Ei ABS                             | Nasta         | 2.40      | 1.43             |
| C-trip henkilöauto | ABS                                | Kitka         | 1.94      | 1.14             |
|                    |                                    | Nasta         | 1.90      | 1.13             |
|                    | Ei-ABS                             | Kitka         | 2.06      | 1.22             |
|                    |                                    | Nasta         | 2.03      | 1.22             |
| Keliauto           | 2m                                 | Uusi ja vanha | 11.21     | 2.44             |
|                    | 20m                                | Uusi ja vanha | 4.20      | 1.26             |
| Kitka-Sisu         |                                    | Kitka         | 1.63      | 0.24             |
|                    |                                    | Nasta         | 1.37      | 0.19             |
| Nokia Renkaat      |                                    | Kitka         | 1.05      | 0.14             |
|                    |                                    | Nasta         | 0.96      | 0.13             |
| Fiido              |                                    |               | 2.25      | 0.77             |



Kuva 36. Eräiden mittausten hajonta graafisesti kuvattuna karhennetulla jäällä kokeen 7 aikana. Vaaka-akselilla on esitetty mittausmatka. C-trip-mittaus on tehty uudella nastarenkaalla ABS-henkilöautolla. Nokia Renkaiden mittaus on tehty uudella nastarenkaalla ja keliauton mittaukset vanhalla mittarenkaalla. Mittausten aloituskohta mittaradalla ei ollut vakio, vaan mittarataa mitattiin eri kohdista radan kulumista välttellen. Oletuksena kuitenkin on, että mitattava pinta on ollut tasalaatuinen koko mitattavalla matkalla.

#### 4.6 Lumipolanteen kovuuden vaikutus mittaustuloksiin

Viimeisenä testauspäivänä ajettiin C-tripeillä lumipolannetiellä normaalista poiketen hieman pidemmät mittaussarjat, 20 mittausta mittauskokoontapanoa kohden. Kullakin mittauskokoontapanolla ajettiin 3 km:n testiosuus kahdesti edestakaisin. Testiosuudella polanteen kovuus vaihteli siten, että testiosuuden alussa polanteen kovuus oli Smither's kartion mukaan 90 ja lopussa 92. Kovuusero oli myös visuaalisesti aistittavissa. Kuvassa 37 on kukin mittaussarja jaettu kahtia "kovalla polanteella" ja "pehmeällä polanteella" mitatuksi sarjaksi. Tuloksista voidaan nähdä, ettei C-trip-laite havainnut pinnan kovuuseroa. Sarjojen erot olivat pieniä (mikään ero ei ollut merkitsevä) ja epä-säännönmukaisia.



Kuva 37. Lumipolanteella suoritettujen testien n:o 12 mittaustulokset jaettuna pehmeän ja kovan mittausosuuden tuloksiin. Huomaa kitka-asteikko, joka kuvassa alkaa vasta 0,25:stä.



## 5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan antaa ohjeita C-trip-kitka-mittauslaitteella tapahtuvaan kitkamittaukseen sekä laitteelle sopivasta vertailumittauslaitteesta. Lisäksi voidaan arvioida Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauton kitkamittauksen luotettavuutta. Lopuksi voidaan pohtia Tiehallinnon teiden talvihoidon laadun määrittelyn mukaista kitka-arvojen ja sanallisen kelikuvauksen vastaavuutta.

### 5.1 Suosituksia C-trip-kitkamittaukseen

Tällä hetkellä C-trip-kitkamittauslaitteistoa käytetään useissa erilaisissa ajoneuvoissa: henkilö- kuin maastoautoissa, ABS-jarruilla varustetuissa ja ilman ABS-jarruja olevissa, sekä kitka- ja nastarenkailla varustetuissa ajoneuvoissa. Lisäksi ajoneuvojen renkaat ovat luonnollisesti eri tavoin kuluneet. Myös mittausnopeus vaihtelee.

Ohjeiden ja vallitsevan käytännön mukaan C-trip-kitkamittauslaitteistojen käyttäjät kalibroivat omat laitteensa näyttämään lumipolannetiellä 0,29:n kitkaa. Erilaisten järjestelmien aiheuttamia eroja tarkasteltaessa ei niinkään ole kyse siitä, antavatko esim. ABS-jarrut tai kitkarenkaat korkeampia kitka-arvoja kuin muut ajoneuvoissa käytetyt varusteet, vaan ennemminkin siitä, miten järjestelmän eri keleillä mittaamat kitka-arvot eroavat lumipolanteella saadusta. Toisin sanoen voidaan puhua järjestelmälle tyypillisestä kitkaprofiilista.

Tutkimuksessa tuli selkeästi ilmi, että peitteisillä talvikeleillä mittausnopeuden kasvattaminen nostaa kitka-arvoja. Mittauksessa käytetyillä talvikeleillä kitkaprofiili nopeuksilla 50 km/h ja 80 km/h oli samanlainen, joten tämän perusteella voidaan olettaa, ettei mittausnopeudella ole väliä, kunhan lumipolanteella kalibroitaessa käytetään samaa nopeutta kuin varsinaisissa mittauksissa. Koska Laukkasen vuonna 1989 tekemässä tutkimuksessa nopeusvaikutus paljaalla talvikelillä oli kuitenkin eri suuntainen kuin tässä tutkimuksessa peitteisillä talvikeleillä havaittu, olisi varmasti syytä myös sopia yhteisen mittausnopeuden noudattamisesta. Nykyisten ohjeiden mukainen nopeus on 60 km/h, mutta käytännössä mittauksia tehdään liikennevirran mukana jopa 80 km:n tuntinopeudesta.

Merkittävin ajoneuvon varusteisiin liittyvä tekijä on ajoneuvon rengastyyppi. Kitkarenkaalla saavutettiin sileillä ja liukkaammilla jääkeleillä suhteessa maltampia arvoja nastarenkaihin nähden kuin karhennetuilla jääkeleillä. Kitkarenkaiden kitka-alue talvikeleillä oli näin nastarenkaita suurempi ja vastasi lisäksi liukkaammilla keleillä paremmin testikuljettajien tuntemuksia kelin pitävyydestä. Koska C-trip-laitteiston eräänä heikkoutena on pidetty liian suppeaa kitka-aluetta, on laaja kitka-alue tavoiteltava ominaisuus. Kitkarengas tuntui näin ollen hyvältä vaihtoehdolta C-trip-laitteissa käytettäväksi renkaaksi.

Lisäksi uusia ja käytettyjä renkaita vertailtaessa saatettiin havaita, että jäisillä keleillä vanhan ja uuden nastarenkaan kitkaprofiilit olivat keskenään erilaisemmat kuin vanhan ja uuden kitkarenkaan. Tämä johtui mitä ilmeisimmin siitä, että erilaisen nastaulkoneman vaikutus kitkaprofiiliin on suurempi kuin erilaisen urasyvyiden.

ABS-jarrujen ja ilman ABS:ää olevien jarrujen merkittävin ero on siinä, että pehmeämmillä lumisilla keleillä ABS-jarruttomat autot pureutuvat jarrutettaessa helpommin lumipinnan läpi, ja tämän lumipinnan alla olevan alustan kitka-ominaisuuksista riippuu, millaisia arvoja ilman ABS-jarruja voidaan saada. Pinnoilla, missä tällaista "pinnan läpi pureutumista" ei tapahdu, eri jarrujärjestelmien kitkaprofiilin ero on pieni, mutta silti havaittava.

Silti on vaikeata yksiselitteisesti suositella jompaa kumpaa jarrujärjestelmää mittauksissa käytettäväksi. ABS-jarruilla mitattujen tulosten hajonta oli hie-  
man pienempi, mutta ero ilman ABS-jarrua oleviin ajoneuvoihin ei ollut mer-  
kitsevä. Toisaalta suurin osa tienkäyttäjistä edelleen ajaa ilman ABS-jarruja  
ja tienpitäjän tulisi ennen kaikkea mitata sellaista kitkaa, minkä tienkäyttäjät  
kokevat.

Ajoneuvojen; henkilöauton ja maastoauton kitkaprofiilien välillä ei ollut mer-  
kittäviä eroja.

**Suositukset C-trip-laitteilla varustettujen autojen mittaustavalle ja  
varusteille tärkeysjärjestyksessä ovat:**

- 1. Autoissa tulee olla yhtenäinen rengastyyppi. Tehdyissä mittauk-  
sissa kitkarenkaiden kitka-alue oli laajempi ja kulumisen vaiku-  
tus kitkaprofiiliin pienempi.**
- 2. Mittausnopeuden on oltava sama kuin kalibroinnissa käytetty  
mittausnopeus. Mittausnopeuden tulisi olla vakio.**
- 3. Jarrujärjestelmän tulisi olla yhtenäinen kaikissa kitkaa mittaavis-  
sa C-trip-ajoneuvoissa.**
- 4. Renkaat olisi syytä vaihtaa uusiin vähintään 40 - 50 000 km:n  
välein.**

## **5.2 Kitka-arvojen ja kelin vastaavuus**

Kuten luvussa 1.2 kerrottiin, Tiehallinto on kuvannut kitka-arvojen ja kelin  
vastaavuuden sanallisesti (taulukko 7).

Kokeessa C-tripillä mitatut tulokset tuntuivat toimivan alueella 0,15 – 0,45  
melko hyvin. Pakkassäällä jääpolanneteillä mitatut arvot liikkuvat alueella  
0,26 – 0,30, testiradalla karhennetulla jäällä saatiin arvoiksi 0,19 – 0,22. Ku-  
vauksen mukaan karkean jää- tai lumipolanteen kitka pakkassäällä on  
0,25 - 0,29.

Testiradalla sileällä jäällä päästiin lukemiin 0,14 – 0,17, mutta sitä alempia  
lukemia ei C-tripeillä saavutettu, vaikka varsinkin testiradan jälkimmäinen  
sileän jään keli oli varsinainen "pääkallokel" sanan täydessä merkityksessä.  
Tiehallinnon kuvauksen mukaan erittäin liukkaana "pääkallokelin" kitkan tulisi  
olla 0,00 – 0,14.



Taulukko 7. Kitka-arvot ja sanallinen kelikuvaus (Lähde: Teiden talvihoito, Laadun määrittely 1998).

| Kitka-arvo        | 0,00 - 0,14                               | 0,15 - 0,24          | 0,25 - 0,29                              | 0,30 - 0,44                                    | 0,45 - 1,00     |
|-------------------|---|----------------------|--|--|-----------------|
| Tienpinnan kuvaus | Pääkallokelin, tai muuten erittäin liukas | Kuiva jäinen polanne | Karkea jää- tai lumipolanne pakkassäällä | Paljas ja märkä tai ajourien välissä polanteet | Paljas ja kuiva |

Edellä esitettyä sanallista kelikuvausta tulisi kehittää siten, että alueeseen 0,15 – 0,17 liittyvän pääkallokeliriskin vuoksi alinta keliluokkaa tulisi laajentaa. Näin ollen alimman luokan, pääkallokelin yläraja tulisi nostaa vähintään tasolle 0,19, etenkin jos edelleen mittauksissa käytetään nastarenkaita. Mikäli mittauksissa käytetään yhdenmukaisesti kitkarenkaita, riittää pääkallokelin ylärajan nostaminen tasolle 0,15.

Taso 0,20 – 0,24 toteutuu karhealla jäällä, kun pakkasen on kova (alle -10°C). Keli on tällöin edelleen varsin liukas. Tasoon 0,25 – 0,29 ei tutkimuksessa päästy käytännössä jääradoilla ollenkaan, mutta liukkaimmat tieosuudet olivat tätä tasoa. Tällä alueella voisi puhua kohtalaisen pitävästä talvikelistä. Taso 0,30 aina 0,40 – 0,50:een on pitävän talvikelin aluetta. Tätä ylempiin arvoihin ylletään vain kesäkeleillä.

### 5.3 C-trip-laitteiden kalibrointi ja vertailu muihin kitkamittauslaitteisiin

C-trip-laitteiden mittaustarkkuuden ehkä keskeisin kysymys liittyy laitteiden kalibrointiin. Ohjeiden mukaan kalibrointi suoritetaan lumipolanteella, missä kitka-arvoksi tulisi saada 0,29. Ohjeeksi sopivan lumipolanteen valitsemiseksi on annettu vain lämpötila-alue. Vaikka tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista tarkemmin tutkia eri lumipolanteilla havaittuja kitka-arvoja, on helppo epäillä, että kitka-arvojen vaihtelu valitulla lämpötila-alueella saattaa olla suurtakin.

Eräs keskeinen lumipolanteeseen liittyvä muuttuja on lumipolanteen kovuus. Tutkimuksessa tehdyn suppean tarkastelun puitteissa ei kuitenkaan löydetty selkeää yhteyttä kitka-arvojen ja polanteen kovuuden välillä. Jatkossa olisi kuitenkin hyödyllistä tutkia miten paljon kitka todellisuudessa vaihtelee nykyiset vaatimukset täyttävillä kalibroitikeleillä.

C-tripille sopivina vertailulaitteina kokeiltiin tutkimuksessa Ilmailulaitoksen BV-11 kitkamittaria, VTT:n Kitka-Sisua ja Kaakkois-Suomen tiepiirin keliautoa. Ilmailulaitoksen BV-11:n paras ominaisuus oli laitteen laaja kitkamittausalue. BV-11:n oli pääosin luotettavan oloinen, mutta renkaiden kulumisen vaikutus tuloksiin jäi tutkimuksessa epäilyksenalaiseksi. VTT:n Kitka-Sisun ja Nokia Renkaiden kitka-auton arvot vaikuttivat hyvin luotettavilta, mutta niiden kapeahko kitka-alue haittaa niiden soveltuvuutta vertailulaitteeksi. Kaakkois-Suomen keliauto antoi tuloksia laajalla kitka-alueella, mutta tulosten epäluotettavuus estää laitteen käytön vertailulaitteena.

## 5.4 Kaakkois-Suomen keliauton soveltuvuus kitkamittauksiin

Kaakkois-Suomen tiepiirin keliauton kitkamittaus toimi parhaiten testiradalla, sileällä ja karhennetulla jäällä, missä laitteen kitkaprofiili oli hyvin verrattavissa BV-11:n ja C-tripin antamiin kitkaprofiileihin. Lumella ja lumipolanteella, kuuraisella kiitoradalla sekä etenkin yhdessä jäisellä tiellä tehdyssä mittauksessa keliauto antoi täysin erilaisia tuloksia kuin BV-11 ja C-trip. Laitteen kitka-arvojen arvaamattomuus estää laitteen luotettavan käytön talvihoidon laadunseurannassa, mutta laitteen voi katsoa soveltuvan kelin seurantaan tilanteissa, joissa se ei ole ainoa tietolähde.

Renkaan kulumisen ei mittaustarkkuuden rajoissa vaikuttanut keliauton mitaustuloksiin. Nopeuden lisääminen nosti oletettavasti hieman kitka-arvoja, mutta ei kuitenkaan yhtä selvästi kuin C-trip-laitteistolla.

## 5.5 Laitteiden vahvuudet ja heikkoudet

Taulukkoon 8 on lopuksi yhteenvedonomaaisesti koottu tietoa eri kitkamittauslaitteiden vahvuuksista ja heikkouksista. Laitteisiin liitettyjä ominaisuuksia on arvioitu seuraavasti: 5 = kiitettävä, 4 = hyvä, 3 = tyydyttävä, 2 = välttävä, 1 = heikko. Luvut ovat subjektiivisia tutkijan arvioita.

C-tripin ja BV 11:n kyky erotella liukkautta siten, kuin autoilija liukkauden kokee oli hyvä, mutta koska C-trip ei erottanut liukkainta sileän jään keliä kyllin hyvin pitävämmissä keleistä ja koska BV 11 yllätti yhdessä karheen jään testissä, en antanut näille laitteille tältä osin täysiä pisteitä. Kitka-Sisu erotteli kelejä myös oikeasuuntaisesti, muttei mielestäni aivan kyllin selvästi, jotta kiitettävään arvosanaan olisi päästy. Fiidon yllättävät tulokset lumiradalla ja liukkaimman jään testeissä ja keliauton yllättävät tulokset lumella, kuuralla ja yhdellä tieosuudella pudottivat vastaavasti näiden laitteiden arvosanoja.

Arvestellessani kitkamittausasteikon laajuutta vertasin suoraan korkeimpia ja matalampia kitka-arvoja toisiinsa kuitenkin siten, että en ottanut huomioon niitä tuloksia, jotka olivat selvästi poikkeuksellisia, vaan edellytin laajuudelta myös johdonmukaisuutta. Laitteen kyky toistaa kitkaa liittyi suoraan tulosten (keskiarvon) virheeseen. C-tripin vertailu tässä suhteessa muihin laitteisiin oli erittäin vaikeaa, sillä kitkadatan keräystaajuus poikkesi muista laitteista selvästi.

Ongelmana toisin sanoen oli, pitäisikö verrata toisiinsa 10 perättäisen havainnon keskiarvon virhettä vai tietyn pituiselta mittausosuudelta saatujen kaikkien kitka-arvon keskiarvon virhettä. Koska jatkuvaa kitkadataa tuottavat keliauto ja Kitka-Sisu ehtivät kerätä tuhansia kitkahavaintoja samalla matkalla, jolla C-trip ehtii tehdä vain kymmenen havaintoa, on selvää, että tietyllä mittausosuudella päästään runsaammalla datalla pienempään keskiarvon virheeseen. Ikään kuin kompromissin luonteisesti arvioin C-tripin tarkkuuden olevan samaa luokkaa keliauton kanssa.

C-trip-laitteet olivat selvästi helpoimpia käytännön mittauksissa. Kuljettaja pystyi suorittamaan ajaessaan mittaukset helposti ja ajoneuvoja, talvirenkailla varustettua henkilö- ja maastoautoa oli helppo ajaa liukkaillaakin talviteillä. Keliauton käyttö on astetta hankalampaa, ohjelman käynnistäminen vie kuljettajalta enemmän huomiota, eikä amerikkalaismallisen pakettiauton



käyttö liukkailla teillä ollut aivan yhtä helppoa kuin henkilöautojen. Kitka-Sisu ja Nokia Renkaiden auto olivat jälleen astetta vaikeampia käyttää mittaus-tehtävissä, ja mittausohjelman käyttöön tarvittiin oma mittaushenkilö. Tässä tutkimuksessa BV 11:a ei käytetty teillä ollenkaan, mutta aiemman tutkimuk-sen mukaan käyttö tiellä on ollut erityisen vaikeaa siksi, että mittausrengas on kerännyt uriinsa kiviä, mikä on muuttanut kitka-arvoja. Muutenkin perässä vedettävän laitteen käyttö liukkailla teillä lienee hieman hankalaa. Fiidoa ei ole ollenkaan suunniteltu pitkien tieosuuksien mittauksiin.

Taulukko 8. Kitkamittauslaitteiden eroja tutkijan arvion mukaisesti (5 = kiitettävä, 4 = hyvä, 3 = tyydyttävä, 2 = välttävä, 1 = heikko).

|   | C-trip | Kelauto | Kitka-Sisu/ Nokia | BV 11 | "Fiido" |
|---|--------|---------|-------------------|-------|---------|
| Kyky erotella liukkautta siten, kuin autoilija liukkauden kokee | 4      | 2       | 4                 | 4     | 3       |
| Kitkamittausasteikon laajuus                                    | 3      | 2       | 2                 | 4     | 3       |
| Kyky toistaa kitkaa homogeenisissa olosuhteissa                 | 3      | 3       | 5                 | 4     | 3       |
| Käytön helppous pitkien tieosuuksien kunnon seurannassa         | 5      | 4       | 3                 | 2     | 1       |

## 6 YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa vertailtiin erilaisia tienpinnan kitkan mittaukseen tarkoitettuja laitteita talvikeliolosuhteissa. Tutkimuksen pääpaino oli teiden talvihoidon laadunseurannassa käytetyssä C-trip-kitkanmittauslaitteessa, jota testattiin useilla eri kokoonpanoilla: niin henkilö- kuin maastoautossa, ilman ABS-jarruja ja ABS-jarrujen kanssa, käytetyillä ja uusilla nasta- ja kitkarenkailla sekä niin 50 km/h kuin 80 km/h mittausnopeudessa. Muut laitevertailussa käytetyt laitteet olivat Kaakkois-Suomen tiepiirissä koekäytössä oleva AL-Engineeringin kehittämä keliauto, Ilmailulaitoksella käytetty BV-11, Ruotsin Tielaitoksella kehitetty "Fiido" sekä VTT:llä 20 vuotta sitten kehitetty Kitka-Sisu. Koska VTT:n laite rikkoutui heti tutkimuksen alussa, se korvattiin myöhemmin Nokia Renkaiden käytössä olevalla vastaavaan mittausperiaatteeseen pohjautuvalla kitkanmittauslaitteella.

Tutkimuksen vertailutestit suoritettiin Ivalon lentokentän alueella olevilla koeradoilla sekä erilaisilla tieosuuksilla pääasiassa Ivalon kunnan alueella 12. - 16.12.2000. Koeradoilla mittauksia tehtiin karhennetun paksun jääkerroksen päällä pinnan lämpötilan ollessa  $-11^{\circ}\text{C}$ ... $-17^{\circ}\text{C}$ , sileän paksun jääkerroksen päällä ( $-6^{\circ}\text{C}$ ... $-9^{\circ}\text{C}$ ), kestopäällysteen päälle muodostuneella kuuralla ( $-14^{\circ}\text{C}$ ) ja kestopäällysteen päällä olevalla irtolumella ( $-9^{\circ}\text{C}$ ). Tieosuuksilla vallinneet kelit olivat jäinen tai jääpolanteinen kestopäällyste ( $-1^{\circ}\text{C}$ ... $-17^{\circ}\text{C}$ ), pehmeä luminen lumipolanne ( $-7^{\circ}\text{C}$ ) ja lumipolanne ( $-1^{\circ}\text{C}$ ).

C-trip-kitkanmittauslaite on elektroninen ajoneuvoon kytkettävä laite, joka mittaa kitkan ajoneuvon jarrutushidastuvuuden avulla. Tehtyjen kokeiden mukaan nopeuden kasvattaminen 50 km/h:sta 80 km/h:iin nosti C-tripin antamia kitka-arvoja keskimäärin 9 prosenttia. Kitkarenkaita käytettäessä C-trip antoi nastarenkaaseen verrattuna suhteellisesti korkeampia arvoja karhennetulla jäällä ja kovemmalla pakkasella ja suhteellisesti matalampia arvoja sileällä jäällä ja leudommalla pakkasella. Näin C-tripillä saavutettu kitka-alue (korkeimman ja matalimman kitkamittausarvon erotus) laajeni selvästi kitkarenkaita käytettäessä.

Vanhoja ja uusia kitka- ja nastarenkaita verrattaessa erot olivat varsin pienet, sillä noin 30 000 km:n ajo ei ollut ehtinyt kuluttaa vanhoja renkaita kovinkaan paljoa ja näin erot uusien ja vanhojen renkaiden urasyvyyksissä ja nastaulkonemissa olivat varsin pienet. Pääsääntöisesti myös vanhojen ja uusien renkaiden kitka-arvot olivat hyvin samanlaiset. Merkittävin ero havaittiin vanhoilla nastarenkailla, jotka sileällä jäällä ( $-6$ ... $-9^{\circ}\text{C}$ ) antoivat uusia nastarenkaita korkeampia kitka-arvoja, kun karhennetulla jäällä ( $-11$ ... $-17^{\circ}\text{C}$ ) arvot olivat hyvin samanlaiset. Ero näkyi selvemmin henkilöauton kohdalla, jonka vanhojen nastarenkaiden nasta-ulkonema oli kumin voimakkaamman kulumisen vuoksi uusien nastarenkaiden ulkonemaa suurempi. Näin nastaulkoneman ja sen muutosten suuri vaikutus kitka-arvoihin puolsi osaltaan kitkarenkaiden käyttöä kitkamittauksissa.

ABS-jarrujen vaikutus C-tripin kitkamittauksiin ei ollut aivan yksiselitteinen. Selvimmin jarrujärjestelmät erosivat toisistaan pehmeillä lumisilla keleillä, jolloin ABS-jarruttomat autot pureutuivat jarrutettaessa pehmeän pinnan läpi. Pinnoilla, joilla tällaista pureutumista ei tapahtunut, eri jarrujärjestelmien välisen kitkakäyttämisen ero on pieni. Tutkimuksen mukaan ajoneuvon valinnalla (maastoauto/ henkilöauto) ei ollut merkitystä C-tripin kitka-arvoihin.



Tärkeimpinä suosituksina C-trip-mittaukselle pidettiin yhtenäisen rengastyyppin valintaa ja yhdenmukaista mittausnopeutta. Renkaaksi suositeltiin kitka-rengasta. Mittausnopeuden tulisi olla sama kuin kalibroinnissa käytetyn nopeuden.

Tutkimuksessa myös todettiin, ettei Tiehallinnon vanhan talvihoidon laadunmäärittelyn mukainen kitka-arvojen ja kelin sanallinen vastaavuus ole tehtyjen kenttäkokeiden perusteella liukkaampien keliä osalta paras mahdollinen. Vuoden 1998 laadunmäärittelyn mukaisesti kitka-arvojen 0,00 – 0,14 aikana vallitsevaa keliä kutsuttiin pääkallokeliksi. Vastaavasti arvot 0,15 - 0,24 vastasivat kuivaa jäistä polannetta. Kuitenkin tutkimuksen mukaan C-tripillä saatettiin saada nastarenkailla jopa 0,17:n kitka-arvoja äärimmäisen liukkaissa olosuhteissa. Tämän perusteella tutkimuksessa suositeltiin pääkallokelin käsitteen laajentamista alueelle 0,00 – 0,19.

Keskeisin jatkotutkimuskohde C-trippien osalta liittyy kalibrintikeliä tarkempaan tutkimiseen ja määrittämiseen. Nykyisten ohjeiden mukaan C-trip kalibroidaan lumipolanteella ( $-3...-5^{\circ}\text{C}$ ) näyttämään kitkaa 0,29. Vaikka tässä tutkimuksessa ei ollutkaan mahdollista tutkia kovin monia lumipolanteita, vaikutti siltä, että kyseisen lämpötilaehdon täyttävien polanteiden kitka voi vaihdella merkittävästi.

Sivukitkaa mittaavilla laitteilla; Kaakkois-Suomen tiepiirin keliautolla, VTT:n Kitka-Sisulla ja Nokian kitkanmittausautolla kitka-arvot olivat jäisillä testiradoilla lähes kymmenen sadasosaa C-tripin arvoja korkeammalla. Tätä voidaan pitää menetelmän ominaisuutena.

Kaakkois-Suomen keliauton kitkanmittaus käyttäytyi parhaiten jääradoilla, mutta tietyillä tieosuuksilla tehdyissä mittauksissa ja etenkin lumella mittauksilokset olivat varsin yllättäviä. Lisäksi laitteen tallentamasta datasta tarkasteltuna yksittäisten kitka-arvojen hajonta oli selvästi suurempaa kuin millään muulla kokeessa käytetyllä laitteella. Keliautolla suoritettiin myös mittauksia sekä kuluneella että uudella mittausrenkaalla kuin myös kahdesta eri mittausnopeudesta 50 km/h ja 80 km/h. Renkaiden välillä ei voitu havaita kitka-arvoihin vaikuttavia eroja. Nopeuden lisääminen nosti hieman kitka-arvoja, mutta ei yhtä selvästi ja yhdenmukaisesti kuin C-trip laitteella. Tulosten perusteella laitetta ei voitu suositella talvihoidon laadunseurantaan. Laitteen katsottiin parhaiten soveltuvan kelinseurantaan tilanteissa, joissa se ei ole ainoa tietolähde.

VTT:n Kitka-Sisulla ja Nokia Renkaiden kitkamittauslaitteella oli muihin kitkanmittauslaitteisiin verrattuna pienin tulosten hajonta tasalaatuisissa mittausolosuhteissa, mutta toisaalta myös pienin kitka-alue. Näiden laitteiden kitkaa mittaavassa renkaassa käytettiin neljää erilaista rengasta, aivan kuten C-tripillä varustetussa henkilöautossakin: uutta ja käytettyä kitka- ja nastarengasta. Kitkarenkaan suurempi kitka-alue näkyi selvästi myös Kitka-Sisulla ja Nokia Renkaiden laitteella tehdyissä mittauksissa; karhealla jäällä ( $-11...-12^{\circ}\text{C}$ ) kitkarenkaiden antama kitka oli selvästi nastarenkaita parempi, kun sileällä jäällä ja leudommalla pakkasella ( $-6^{\circ}\text{C}$ ) kitkarenkaiden kitka-arvot olivat samalla tasolla nastarenkaiden kanssa.

Ilmailulaitoksella käytössä olevan kitkamittauslaitteen, BV-11:n ja Ruotsin Tielaitoksella kehitetyn "Fiidon" kitkamittaus perustui kitkaa mittaavaan renkaaseen vaikuttavaan jarrutusmomenttiin, jonka ansiosta renkaissa on vakio

luisto. BV-11:n luisto on noin 17 % ja Fiidon 21 %. Luiston ylläpitämiseksi vaaditun jarrutusmomentin suuruudesta laitteet päättelevät kitkan.

Kokeissa BV-11:lla saavutettiin suurin kitkanmittausalue, mutta toisaalta myös pieni hajonta tasalaatuisissa mittausolosuhteissa. Luotettavuutensa ja suuren kitka-alueensa ansiosta laite sopii hyvin C-tripin kalibrointilaitteeksi, sillä varauksella, että laitteen käyttö tiellä on aiempien tutkimusten mukaan osoittautunut hankalaksi (mittarengas kerää herkästi kiviä yms., mikä muuttaa kitkaa selvästi). Laitteen mittarenkaan kulumisen vaikutusta ei erikseen tutkittu, mutta tiettyjen kokeissa tehtyjen havaintojen mukaan tätä olisi vielä syytä tulevaisuudessa tutkia.

Vain 38 kilon painoisena ja ihmisvoimin käytettävänä laitteena Fiido poikkesi rakenteeltaan muista kitkamittauslaitteista selvästi. Laite käyttäytyi C-trippiin ja BW 11:een nähden usein varsin yhdenmukaisesti, mutta toisaalta muutamilla keleillä laitteen antamat arvot olivat hyvin poikkeavia. Lumella Fiido mittasi alhaisia kitka-arvoja lumen päältä, niin kuin keliautokin, samalla kun raskaammat mittausrenkaat pureutuivat lumen läpi. Lisäksi toisessa sileän jääradan mittauksessa Fiido havaitsi jään pinnassa tahmeutta, mitä yksikään muu laite ei havainnut, ja antoi poikkeavan korkeita kitka-arvoja.



## 7 LÄHDELUETTELO

Heinijoki Heikki, Mäkelä Timo 1995: Talvirengastutkimuksen täydennysosa. Nastarenkaiden ja kitkarenkaiden kulumisvertailu maantie- ja kaupunkiajossa sekä renkaiden kitkaominaisuuksien vertailu. Tielaitoksen selvityksiä 22/1995. ISBN 951-726-055-5.

Laukkanen Kyösti 1989. Kitkanmittauslaitteiden vertailututkimus. VTT tie- ja liikennelaboratorio. Tutkimusselostus 738.

Niemi Aarre 1977. Kitkamittarivertailu. VTT tie- ja liikennelaboratorio. Tiedonanto 24.

Teiden talvihoito. Laadun määrittely 1998. Helsinki 1998. Tielaitos, tie- ja liikennetekniikka. ISBN 951-726-440-2. TIEL 2230018-98.

## **8 LIITTEET**

Liite 1 Kokeiden sääolosuhteet ja tulokset

Liite 2 Mittausnopeuden vaikutus

Liite 3 ABS-järjestelmän vertailua



## Koe 1, karhennettu jää testiradalla

Taulukko 9. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|           |                          |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keli-auto | Ilman lämpötila (°C)     | 11:22 | 11:30 | 12:16 | 12:19 |       |
|           | Tien lämpötila (°C)      | -8.2  | -8.1  | -7.7  | -8.4  |       |
|           | Ilman kosteus            | -8.9  | -9.0  | -8.7  | -9.1  |       |
|           |                          | 63.4  | 65.8  | 60.3  | 65.7  |       |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)     | 11:20 | 11:50 | 12:20 | 12:50 | 13:20 |
|           | Kastepistilämpötila (°C) | -10   | -10   | -10   | -10   | -10   |
|           |                          | -11   | -11   | -11   | -11   | -11   |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)     | 11:20 | 11:50 | 12:20 | 12:50 | 13:25 |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -10.7 | -10.5 | -10.5 | -10.4 | -10.3 |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -11.6 | -11.2 | -11.0 | -11.1 | -10.9 |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -11.5 | -11.2 | -11.1 | -11.2 | -10.9 |
|           | Kastepistilämpötila (°C) | -11.4 | -11.3 | -11.3 | -11.1 | -11.0 |
|           | Suhteellinen kosteus     | -12.0 | -11.8 | -11.7 | -11.5 | -11.4 |
|           |                          | 90    | 90    | 90    | 90    | 90    |
| Smithers' | Pinnan kovuus            | 12:00 |       |       |       |       |
|           |                          | 95.5  |       |       |       |       |

Taulukko 10. Kokeen tulokset.

|                     | Laite                  | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrintiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------------|------------------------|---|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Kitka-Sisu          | Vanha kitka            | 50 km/h                                     | 12:15         | 194         | 38.0              | 1.66      | 0.23           |                  |
|                     | Uusi Kitka             | 50 km/h                                     | 12:00         | 170         | 37.9              | 1.59      | 0.24           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                     | 12:25         | 187         | 31.0              | 1.2       | 0.17           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 12:40         | 194         | 33.6              | 1.53      | 0.22           |                  |
| Keli-auto           | Uusi rengas/ 2m        | 50 km/h                                     | 11:23         | 45          | 28.9              | 6.77      | 1.98           |                  |
|                     | Uusi rengas/ 2m        | 80 km/h                                     | 11:30         | 28          | 36.0              | 8.46      | 3.13           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m       | 50 km/h                                     | 12:16         | 34          | 28.3              | 6.01      | 2.02           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m       | 80 km/h                                     | 12:19         | 25          | 29.1              | 8.53      | 3.34           |                  |
| BW-11 Ivalo         | Uusi rengas (4 sarjaa) | 60 km/h                                     | 13:06         |             | 31.8              |           |                |                  |
| BW-11 Rovaniemi     | Uusi rengas (4 sarjaa) | 60 km/h                                     | 13:06         |             | 29.5              |           |                |                  |
| Fiido               | (1 rengas - 14 sarjaa) | 3 km/h                                      | 13:20         | 31          | 26.2              | 2.14      | 0.96           |                  |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta            | 50 km/h                                     | 12:45         | 10          | 20                | 2.11      | 1.31           |                  |
|                     | ..-                    | 80 km/h                                     | 12:50         | 10          | 24.3              | 1.49      | 0.93           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 12:30         | 10          | 20.9              | 1.52      | 0.94           |                  |
|                     | ..-                    | 80 km/h                                     | 12:35         | 10          | 22.5              | 1.78      | 1.10           |                  |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta            | 50 km/h                                     | 13:00         | 10          | 13.6              | 1.35      | 0.84           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs  | 50 km/h                                     | 12:50         | 10          | 17.2              | 2.25      | 1.40           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 12:25         | 10          | 13.4              | 0.70      | 0.43           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs   | 50 km/ h                                    | 12:28         | 10          | 16.9              | 1.66      | 1.03           |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka            | 50 km/h                                     | 11:40         | 10          | 28.8              | 2.53      | 1.57           |                  |
|                     | Uusi kitka             | 50 km/h                                     | 11:27         | 10          | 31.2              | 2.10      | 1.30           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                     | 11:55         | 10          | 24.2              | 2.35      | 1.46           |                  |
|                     | - " -                  | 80 km/h                                     | 12:00         | 10          | 25.5              | 1.96      | 1.21           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 12:10         | 10          | 20.4              | 2.41      | 1.50           |                  |
|                     | ..-                    | 80 km/h                                     | 12:16         | 10          | 21.1              | 2.08      | 1.29           |                  |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka            | 50 km/h                                     | 11:42         | 10          | 17.8              | 1.48      | 0.91           |                  |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs  | 50 km/h                                     | 11:45         | 10          | 20                | 1.70      | 1.05           |                  |
|                     | Uusi kitka             | 50 km/h                                     | 11:28         | 10          | 19.7              | 1.77      | 1.10           |                  |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs   | 50 km/h                                     | 11:30         | 10          | 23.8              | 3.68      | 2.28           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                     | 12:05         | 10          | 16.5              | 1.08      | 0.67           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs  | 50 km/h                                     | 12:02         | 10          | 20.6              | 2.67      | 1.66           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 12:19         | 10          | 15.9              | 2.42      | 1.50           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs   | 50 km/h                                     | 12:16         | 10          | 21                | 2.58      | 1.60           |                  |
| Jarrutusmatkat      |                        |   |               |             |                   |           |                |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Uusi nasta             | 50 km/h                                     | 13:30         | 4           | 31.0              | 4.37      | 4.29           |                  |
|                     | Vanha kitka            | 50 km/h                                     | 13:30         | 3           | 29.8              | 0.62      | 0.70           |                  |

Koe 2, sileä jää testiradalla

Taulukko 11. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|                  |                          |       |       |       |       |       |
|------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keliauto jäällä  | Ilman lämpötila (°C)     | 21:46 | 21:52 | 22:27 | 22:32 | 23:49 |
|                  | Tien lämpötila(°C)       | -7.8  | -8.0  | -5.7  | -7.3  | -4.7  |
|                  | Ilman kosteus            | -7.5  | -7.4  | -7.1  | -7.0  | -10.4 |
| Keliauto lumella | Ilman lämpötila (°C)     | 76.6  | 77.8  | 66.5  | 74.2  | 60.1  |
|                  | Tien lämpötila(°C)       | 21:49 | 22:00 | 22:25 | 22:30 | 23:59 |
|                  | Ilman kosteus            | -7.9  | -5.2  | -5.7  | -6.8  | -7.2  |
| Torni            | Tien lämpötila(°C)       | -7.8  | -7.8  | -8.1  | -7.3  | -6.7  |
|                  | Ilman kosteus            | 76.4  | 62.1  | 64.4  | 70.6  | 72.2  |
|                  |                          | 21:20 | 21:50 | 22:20 | 22:50 | 23:20 |
| Sääasema         | Ilman lämpötila (°C)     | -8    | -8    | -8    | -8    | -10   |
|                  | Kastepistelämpötila (°C) | -10   | -9    | -9    | -10   | -11   |
|                  |                          | 0:20  | 0:50  | 1:20  |       |       |
|                  | Ilman lämpötila (°C)     | 21:15 | 22:10 | 22:40 | 23:10 | 23:40 |
|                  | Pintalämpö1 (°C)         | -8.7  | -8.4  | -8.4  | -8.4  | -8.2  |
|                  | Pintalämpö2 (°C)         | -9.6  | -9.4  | -9.4  | -9.3  | -9.3  |
|                  | Maan lämpötila (°C)      | -9.5  | -9.3  | -9.2  | -9.2  | -9.1  |
|                  | Kastepistelämpötila (°C) | -9.8  | -9.6  | -9.5  | -9.5  | -9.4  |
|                  | Suhteellinen kosteus     | -9.8  | -9.7  | -9.7  | -9.8  | -9.6  |
|                  |                          | 91    | 90    | 90    | 90    | 90    |
| Smithers'        | Pinnan kovuus, jää       | 23:00 | 95.5  |       |       |       |

Taulukko 12. Kokeen tulokset.

| Laite               |                            | Rengas/ tallennusväli/<br>kalibrointiarvo |       | Mittausnopeus |      | Mittausaika | Havaintojen määrä |  | Keskiarvo |  | Keskipolkkeama |  | Keskiarvon virhe |
|---------------------|----------------------------|---|-------|---------------|------|-------------|-------------------|--|-----------|--|----------------|--|------------------|
| Keliauto            | Uusi rengas/ 2m            | 50 km/h                                   | 22:27 | 46            | 26.4 | 9.05        | 2.61              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Kontrolli/ Uusi rengas/ 2m | 50 km/h                                   | 23:49 | 42            | 20.3 | 13.97       | 4.22              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi rengas/ 2m            | 80 km/h                                   | 22:32 | 32            | 28.2 | 16.83       | 5.83              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m           | 50 km/h                                   | 21:45 | 48            | 21.8 | 4.42        | 1.25              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m           | 80 km/h                                   | 21:52 | 22            | 22.5 | 4.06        | 1.70              |  |           |  |                |  |                  |
| BW-11 Ivalo         | Uusi rengas (2 sarjaa)     | 60 km/h                                   | 22:26 |               | 10.5 |             |                   |  |           |  |                |  |                  |
| BW-11 Rovaniemi     | Uusi rengas (2 sarjaa)     | 60 km/h                                   | 22:26 |               | 14   |             |                   |  |           |  |                |  |                  |
| Fiido               | (1 rengas - 9 sarjaa)      | 3 km/h                                    | 23:50 | 36            | 9.3  | 1.36        | 0.44              |  |           |  |                |  |                  |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta                | 50 km/h                                   | 22:55 | 10            | 13.9 | 1.37        | 0.85              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | .-.                        | 80 km/h                                   | 23:01 | 10            | 15.4 | 2.12        | 1.31              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 23:42 | 10            | 13.3 | 1.57        | 0.97              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | .-.                        | 80 km/h                                   | 23:45 | 10            | 16.9 | 0.99        | 0.62              |  |           |  |                |  |                  |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta                | 50 km/h                                   | 23:14 | 10            | 11.4 | 2.12        | 1.31              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs      | 50 km/h                                   | 23:10 | 10            | 15.1 | 3.45        | 2.14              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 23:30 | 10            | 10.7 | 1.34        | 0.83              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs       | 50 km/ h                                  | 23:29 | 10            | 11.8 | 1.14        | 0.70              |  |           |  |                |  |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                | 50 km/h                                   | 21:05 | 10            | 19.2 | 1.99        | 1.23              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Kontrolli/ Vanha kitka     | 50 km/h                                   | 0:40  | 10            | 18.2 | 2.35        | 1.46              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi kitka                 | 50 km/h                                   | 21:20 | 10            | 19.2 | 1.87        | 1.16              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha nasta                | 50 km/h                                   | 21:40 | 10            | 19   | 2.26        | 1.40              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | - " -                      | 80 km/h                                   | 21:43 | 10            | 18.8 | 1.55        | 0.96              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 22:07 | 10            | 14.5 | 1.58        | 0.98              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | .-.                        | 80 km/h                                   | 22:12 | 10            | 13.4 | 0.70        | 0.43              |  |           |  |                |  |                  |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka                | 50 km/h                                   | 21:13 | 10            | 13.5 | 1.27        | 0.79              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs      | 50 km/h                                   | 21:11 | 10            | 18.2 | 0.79        | 0.49              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi kitka                 | 50 km/h                                   | 21:27 | 10            | 13.9 | 1.29        | 0.80              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs       | 50 km/h                                   | 21:20 | 10            | 18.4 | 1.65        | 1.02              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha nasta                | 50 km/h                                   | 21:50 | 10            | 15.4 | 1.51        | 0.93              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs      | 50 km/h                                   | 21:48 | 10            | 19.8 | 1.99        | 1.23              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 22:22 | 10            | 11.1 | 1.29        | 0.80              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs       | 50 km/h                                   | 22:18 | 10            | 14.4 | 1.43        | 0.89              |  |           |  |                |  |                  |
| Jarrutusmatkat      |                            |   |       |               |      |             |                   |  |           |  |                |  |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 0:35  | 3             | 46.7 | 2.48        | 2.80              |  |           |  |                |  |                  |
|                     | Vanha kitka                | 50 km/h                                   | 0:53  | 3             | 44.9 | 2.43        | 2.75              |  |           |  |                |  |                  |



### Koe 3, lumi testiradalla

Sääolosuhteet kuten kokeessa 2

Taulukko 13. Kokeen tulokset.

| Laite                 | Rengas/ tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|-----------------------|---|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Keliauto              | Uusi rengas/ 2m                           | 50 km/h       | 22:25       | 48                | 14.8      | 16.05          | 4.54             |
|                       | Kontrolli/ Uusi rengas/ 2m                | 50 km/h       | 23:59       | 54                | 10.1      | 12.029         | 3.21             |
|                       | Uusi rengas/ 2m                           | 80 km/h       | 22:30       | 41                | 16.6      | 13.08          | 4.00             |
|                       | Vanha rengas/ 2m                          | 50 km/h       | 22:00       | 52                | 14.1      | 11.61          | 3.16             |
|                       | Vanha rengas/ 2m                          | 80 km/h       | 21:49       | 46                | 16.4      | 15.47          | 4.47             |
| BW-11 Ivalo           | Uusi rengas (2 sarjaa)                    | 60 km/h       | 22:27       | 2                 | 28.0      |                |                  |
| BW-11 Rovaniemi       | Uusi rengas (2 sarjaa)                    | 60 km/h       | 22:27       | 2                 | 28.5      |                |                  |
| Fiido                 | (1 rengas - 10 sarjaa)                    | 3 km/h        | 0:00        | 41                | 16.7      | 1.84           | 0.56             |
| Maasturi/ ABS         | Vanha nasta                               | 50 km/h       | 22:59       | 10                | 25        | 2.11           | 1.31             |
|                       | .."                                       | 80 km/h       | 23:02       | 10                | 26.9      | 1.37           | 0.85             |
|                       | Uusi nasta                                | 50 km/h       | 23:43       | 10                | 24        | 1.94           | 1.20             |
|                       | .."                                       | 80 km/h       | 23:49       | 10                | 26.7      | 1.42           | 0.88             |
| Maasturi/ ei-ABS      | Vanha nasta                               | 50 km/h       | 23:16       | 10                | 22.9      | 1.79           | 1.11             |
|                       | Vanha nasta/ kal. abs                     | 50 km/h       | 23:12       | 10                | 30.1      | 1.52           | 0.94             |
|                       | Uusi nasta                                | 50 km/h       | 23:24       | 10                | 21.7      | 1.25           | 0.78             |
|                       | Uusi nasta/ kal. abs                      | 50 km/h       | 23:30       | 10                | 28.8      | 1.93           | 1.20             |
| Henkilöauto/ ABS      | Vanha kitka                               | 50 km/h       | 21:10       | 10                | 28.2      | 1.75           | 1.09             |
|                       | Kontrolli/ Vanha kitka                    | 50 km/h       | 0:41        | 10                | 26.5      | 1.65           | 1.02             |
|                       | Uusi kitka                                | 50 km/h       | 21:21       | 10                | 25.6      | 3.63           | 2.25             |
|                       | Vanha nasta                               | 50 km/h       | 21:41       | 10                | 25.3      | 3.20           | 1.98             |
|                       | .."                                       | 80 km/h       | 21:44       | 10                | 25.4      | 1.90           | 1.18             |
|                       | Uusi nasta                                | 50 km/h       | 22:10       | 10                | 23.8      | 2.78           | 1.72             |
|                       | .."                                       | 80 km/h       | 22:15       | 10                | 24.8      | 2.49           | 1.54             |
| Henkilöauto/ ei-ABS   | Vanha kitka                               | 50 km/h       | 21:14       | 10                | 26.9      | 1.91           | 1.19             |
|                       | Vanha kitka/ kal. abs                     | 50 km/h       | 21:12       | 10                | 33.9      | 2.69           | 1.66             |
|                       | Uusi kitka                                | 50 km/h       | 21:28       | 10                | 27.8      | 3.16           | 1.96             |
|                       | Uusi kitka/ kal. abs                      | 50 km/h       | 21:21       | 10                | 30.2      | 3.19           | 1.98             |
|                       | Vanha nasta                               | 50 km/h       | 21:52       | 10                | 24.6      | 1.51           | 0.93             |
|                       | Vanha nasta/ kal. abs                     | 50 km/h       | 21:49       | 10                | 28.8      | 1.81           | 1.12             |
|                       | Uusi nasta                                | 50 km/h       | 22:23       | 10                | 21.4      | 2.22           | 1.38             |
|                       | Uusi nasta/ kal. abs                      | 50 km/h       | 22:19       | 10                | 28.5      | 2.59           | 1.61             |
| <b>Jarrutusmatkat</b> |   |               |             |                   |           |                |                  |
| Henkilöauto/ ABS      | Uusi nasta                                | 50 km/h       | 0:37        | 3                 | 23.6      | 0.23           | 0.26             |
|                       | Vanha kitka                               | 50 km/h       | 0:54        | 3                 | 22.5      | 1.69           | 1.91             |

**Koe 4, jääpolanteinen tie**

Taulukko 14. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|           |                          |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keliauto  |                          | 15:09 | 15:18 | 15:28 | 15:37 |       |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -18.8 | -18.6 | -18.6 | -19.0 |       |
|           | Tien lämpötila(°C)       | -13.4 | -13.8 | -13.6 | -14.0 |       |
|           | Ilman kosteus            | 70.2  | 70.0  | 69.8  | 71.0  |       |
| Torni     |                          | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -19   | -20   | -19   | -20   | -20   |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -21   | -21   | -21   | -21   | -21   |
| Sääasema  |                          | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -18.5 | -18.8 | -18.9 | -19.1 | -19.3 |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -16.1 | -16.3 | -16.4 | -16.5 | -16.6 |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -16.5 | -16.6 | -16.9 | -16.9 | -17.0 |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -13.3 | -13.6 | -13.6 | -13.8 | -13.9 |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -20.4 | -20.6 | -20.9 | -21.0 | -21.2 |
|           | Suhteellinen kosteus     | 84    | 85    | 84    | 84    | 84    |
| Smithers' |                          | 15:30 |       |       |       |       |
|           | Pinnan kovuus            | 96-98 |       |       |       |       |

Taulukko 15. Kokeen tulokset.

|                  | Laitte                                    | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipolkkeama | Keskianon virhe |
|------------------|---|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|-----------------|
| Keliauto         | Uusi rengas/ 10m/ urien välissä/ suunta 1 | 50 km/h                                      | 15:09         | 616         | 31.3              | 15.25     | 1.20           |                 |
|                  | Uusi rengas/ 10m/ urien välissä/ suunta 2 | 50 km/h                                      | 15:18         | 618         | 27.0              | 20.43     | 1.61           |                 |
|                  | Uusi rengas/ 10m/ urassa/ suunta 1        | 50 km/h                                      | 15:28         | 617         | 28.5              | 17.91     | 1.41           |                 |
|                  | Uusi rengas/ 10m/ urassa/ suunta 2        | 50 km/h                                      | 15:37         | 612         | 27.4              | 23.32     | 1.85           |                 |
| Fiido            | Urien valissä/ suunta 1 (3 sarjaa)        | 3 km/h                                       | 15:10         | 24          | 37.6              | 2.96      | 1.16           |                 |
|                  | Urien valissä/ suunta 2 (3 sarjaa)        | 3 km/h                                       | 15:20         | 23          | 34.1              | 4.07      | 1.65           |                 |
|                  | Urassa/ suunta 1 (6 sarjaa)               | 3 km/h                                       | 15:15         | 25          | 35.8              | 2.45      | 0.95           |                 |
|                  | Urassa/ suunta 2 (6 sarjaa)               | 3 km/h                                       | 15:25         | 25          | 38.5              | 1.90      | 0.75           |                 |
| Maasturi/ ABS    | Uusi nasta/ urasta/ suunta 1              | 50 km/h                                      | 16:02         | 18          | 25.9              | 1.43      | 0.66           |                 |
|                  | Uusi nasta/ urasta/ suunta 2              | 50 km/h                                      | 16:09         | 19          | 27.2              | 1.38      | 0.62           |                 |
| Henkilöauto/ ABS | Uusi nasta/ urien välissä/ suunta 1       | 50 km/h                                      | 15:04         | 18          | 30.7              | 3.32      | 1.53           |                 |
|                  | Uusi nasta/ urien välissä/ suunta 2       | 50 km/h                                      | 15:17         | 19          | 30.5              | 3.10      | 1.39           |                 |
|                  | Uusi nasta/ urasta/ suunta 1              | 50 km/h                                      | 15:25         | 18          | 30.5              | 2.66      | 1.23           |                 |
|                  | Uusi nasta/ urasta/ suunta 2              | 50 km/h                                      | 15:35         | 19          | 29.0              | 2.47      | 1.11           |                 |
|                  | Vanha kitka/ urasta/ suunta 1             | 50 km/h                                      | 16:21         | 18          | 33.0              | 1.81      | 0.84           |                 |
|                  | Vanha kitka/ urasta/ suunta 2             | 50 km/h                                      | 16:29         | 19          | 32.1              | 2.12      | 0.95           |                 |
| Jarrutusmatkat   |   |  |               |             |                   |           |                |                 |
| Henkilöauto/ ABS | Uusi nasta                                | 50 km/h                                      | 15:40         | 3           | 26.8              | 0.08      | 0.09           |                 |
|                  | Vanha kitka                               | 50 km/h                                      | 16:40         | 3           | 25.7              | 3.55      | 4.02           |                 |



## Koe 5, karhennettu jää testiradalla

Taulukko 16. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet

|           |                          |       |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keliauto  | Ilman lämpötila (°C)     | 17:24 | 17:29 | 18:16 | 18:20 |       |       |
|           | Tien lämpötila(°C)       | -18.3 | -18.8 | -16.6 | -18.6 |       |       |
|           | Ilman kosteus            | -14.6 | -15.0 | -15.6 | -15.0 |       |       |
|           |                          | 68.0  | 68.2  | 49.9  | 59.1  |       |       |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)     | 16:50 | 17:20 | 17:50 | 18:20 | 18:50 | 19:50 |
|           | Kastepestelämpötila (°C) | -20   | -20   | -20   | -20   | -20   | -20   |
|           |                          | -21   | -22   | -22   | -22   | -22   | -22   |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)     | 16:50 | 17:20 | 17:50 | 18:20 | 18:50 | 19:50 |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -19.3 | -19.6 | -19.5 | -19.6 | -19.7 | -19.9 |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -16.6 | -16.7 | -16.8 | -16.9 | -17.0 | -17.2 |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -17.0 | -17.2 | -17.2 | -17.3 | -17.4 | -17.6 |
|           | Kastepestelämpötila (°C) | -13.9 | -14.1 | -14.2 | -14.3 | -14.5 | -14.5 |
|           | Suhteellinen kosteus     | -21.2 | -21.6 | -21.5 | -21.6 | -21.7 | -22.0 |
|           |                          | 84    | 83    | 83    | 83    | 83    | 83    |
| Smithers' | Pinnan kovuus            | 18:00 |       |       |       |       |       |
|           |                          | 95.5  |       |       |       |       |       |

Taulukko 17. Kokeen tulokset.

| Laite               | Rengas/<br>kalennusväli/<br>kalibrintiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Keliauto            | Uusi rengas/ 2m                            | 50 km/h       | 17:25       | 55                | 27.8      | 5.27           | 1.39             |
|                     | Uusi rengas/ 2m                            | 80 km/h       | 17:29       | 31                | 26.8      | 9.08           | 3.19             |
|                     | Vanha rengas/ 2m                           | 50 km/h       | 18:17       |                   | err*      |                |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m                           | 80 km/h       | 18:20       |                   | err*      |                |                  |
| BW-11 Ivalo         | Uusi rengas (2 sarjaa)                     | 60 km/h       | 19:05       |                   | 24.0      |                |                  |
| BW-11 Rovaniemi     | Uusi rengas (2 sarjaa)                     | 60 km/h       | 19:38       |                   | 23.0      |                |                  |
| Fiido               | (1 rengas - 10 sarjaa)                     | 3 km/h        | 19:40       | 28                | 26.8      | 3.56           | 1.30             |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta                                | 50 km/h       | 18:08       | 10                | 20.1      | 1.29           | 0.80             |
|                     | - "-                                       | 80 km/h       | 18:09       | 10                | 22.9      | 2.64           | 1.64             |
|                     | Uusi nasta                                 | 50 km/h       | 17:35       | 10                | 21.9      | 1.73           | 1.07             |
|                     | - "-                                       | 80 km/h       | 17:40       | 10                | 24.3      | 2.31           | 1.43             |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta                                | 50 km/h       | 18:03       | 11                | 15.2      | 2.04           | 1.21             |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                      | 50 km/h       | 18:04       | 11                | 16.2      | 2.52           | 1.49             |
|                     | Uusi nasta                                 | 50 km/h       | 17:45       | 10                | 15.0      | 3.27           | 2.02             |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                       | 50 km/ h      | 17:42       | 10                | 17.7      | 2.98           | 1.85             |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                                | 50 km/h       | 17:29       | 10                | 24.1      | 1.10           | 0.68             |
|                     | Uusi kitka                                 | 50 km/h       | 17:51       | 10                | 25.9      | 2.23           | 1.38             |
|                     | Vanha nasta                                | 50 km/h       | 18:19       | 10                | 18.9      | 1.29           | 0.80             |
|                     | - "-                                       | 80 km/h       | 18:20       | 10                | 23.9      | 1.66           | 1.03             |
|                     | Uusi nasta                                 | 50 km/h       | 18:35       | 10                | 19.5      | 1.43           | 0.89             |
|                     | - "-                                       | 80 km/h       | 18:34       | 10                | 22.2      | 1.40           | 0.87             |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka                                | 50 km/h       | 17:31       | 10                | 16.9      | 1.52           | 0.94             |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs                      | 50 km/h       | 17:30       | 10                | 22.5      | 2.46           | 1.53             |
|                     | Uusi kitka                                 | 50 km/h       | 17:53       | 10                | 16.7      | 1.34           | 0.83             |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs                       | 50 km/h       | 17:50       | 10                | 19.5      | 2.99           | 1.85             |
|                     | Vanha nasta                                | 50 km/h       | 18:22       | 10                | 15.9      | 1.45           | 0.90             |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                      | 50 km/h       | 18:21       | 10                | 20.7      | 2.21           | 1.37             |
|                     | Uusi nasta                                 | 50 km/h       | 18:39       | 10                | 18.1      | 1.45           | 0.90             |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                       | 50 km/h       | 18:37       | 10                | 18.8      | 1.93           | 1.20             |
| Jarrutusmatkat      |  |               |             |                   |           |                |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                                | 50 km/h       | 19:30       | 3                 | 26.3      | 0.26           | 0.29             |

## Koe 6 kuura pääkiitotiellä

Taulukko 18. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|           |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keliauto  | Ilman lämpötila (°C)     | 10:23 | 10:26 | 10:27 | 10:30 | 10:59 | 11:01 | 11:03 | 11:05 |
|           | Tien lämpötila (°C)      | -10.1 | -12.0 | -12.8 | -13.2 | -8.8  | -11.4 | -12.6 | -13.0 |
|           | Ilman kosteus            | -15.9 | -14.2 | -12.7 | -11.9 | -10.6 | -10.7 | -10.8 | -10.7 |
|           |                          | 55.5  | 65.4  | 69.7  | 72.5  | 50.5  | 63.0  | 69.1  | 72.9  |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)     | 9:50  | 10:20 | 10:50 | 11:20 | 11:50 |       |       |       |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -13   | -13   | -13   | -12   | -12   |       |       |       |
|           |                          | -15   | -14   | -14   | -14   | -13   |       |       |       |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)     | 9:50  | 10:15 | 10:50 | 11:20 | 11:50 |       |       |       |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -14.6 | 14.2  | -14.0 | -13.8 | -13.5 |       |       |       |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -13.8 | -13.7 | -13.5 | -13.3 | -13.1 |       |       |       |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -14.0 | -13.8 | -13.6 | -13.4 | -13.2 |       |       |       |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -13.5 | -13.3 | -13.3 | -13.1 | -13.0 |       |       |       |
|           | Suhteellinen kosteus     | -16.1 | -15.7 | -15.5 | -15.2 | -14.9 |       |       |       |
|           |                          | 88    | 88    | 88    | 88    | 89    |       |       |       |
| Smithers' | Pinnan kovuus            |       |       |       |       |       |       |       |       |

Taulukko 19. Kokeen tulokset.

| Laite               | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrintiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen<br>määrä | Keskiarvo | Keskiarvo<br>virhe | Keskiarvon<br>virhe |
|---------------------|---|---------------|-------------|----------------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Keliauto            | Uusi rengas/ 2m                             | 50 km/h       | 11:00       | 119                  | 28.2      | 12.22              | 2.20                |
|                     | Uusi rengas/ 20m                            | 50 km/h       | 11:03       | 58                   | 24.5      | 1.52               | 0.39                |
|                     | Uusi rengas/ 2m                             | 80 km/h       | 11:01       | 70                   | 28.0      | 14.68              | 3.44                |
|                     | Uusi rengas/ 20m                            | 80 km/h       | 11:05       | 54                   | 31.9      | 7.05               | 1.88                |
|                     | Vanha rengas/ 2m                            | 50 km/h       | 10:23       | 101                  | 28.9      | 6.79               | 1.32                |
|                     | Vanha rengas/ 20m                           | 50 km/h       | 10:27       | 56                   | 26.9      | 2.07               | 0.54                |
|                     | Vanha rengas/ 2m                            | 80 km/h       | 10:26       | 57                   | 29.6      | 11.80              | 3.06                |
|                     | Vanha rengas/ 20m                           | 80 km/h       | 10:30       | 56                   | 28.0      | 4.91               | 1.29                |
| BW-11 Ivalo         | Uusi rengas (6 sarjaa)                      | 60 km/h       | 10:23       |                      | 59.3      |                    |                     |
| BW-11 Rovaniemi     | Uusi rengas (6 sarjaa)                      | 60 km/h       | 10:37       |                      | 58.3      |                    |                     |
| Fiido               | (1 rengas - 10 sarjaa)                      | 3 km/h        | 11:20       | 37                   | 43.7      | 4.18               | 1.33                |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                                 | 50 km/h       | 10:36       | 11                   | 41.5      | 2.88               | 1.70                |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka                                 | 50 km/h       | 10:51       | 16                   | 32.5      | 1.97               | 0.96                |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs                       | 50 km/h       | 10:41       | 12                   | 44.1      | 2.23               | 1.26                |



## Koe 7, karhennettu jää testiradalla

Taulukko 20. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

| Keliauto  |                          | 14:45                    | 14:46 | 14:50 | 14:51 | 15:13 | 15:14 | 15:23 | 15:26 |
|-----------|--------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           |                          | Ilman lämpötila (°C)     | -6.6  | -8.6  | -9.8  | -10.3 | -5.3  | -7.7  | -10.3 |
|           | Tien lämpötila(°C)       | -10.2                    | -10.3 | -10.5 | -10.6 | -9.6  | -9.9  | -10.4 | -10.4 |
|           | Ilman kosteus            | 51.7                     | 61.3  | 67.5  | 71.3  | 47.6  | 58.4  | 73.3  | 71.7  |
| Torni     |                          | 14:20                    | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 |       |       |
|           |                          | Ilman lämpötila (°C)     | -11   | -11   | -11   | -11   | -10   | -10   |       |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -12                      | -12   | -12   | -12   | -11   | -11   |       |       |
| Sääasema  |                          | 14:20                    | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 |       |       |
|           |                          | Ilman lämpötila (°C)     | -12.0 | -11.7 | -11.5 | -11.3 | -11.2 | -11.1 |       |
|           |                          | Pintalämpö1 (°C)         | -12.4 | -12.2 | -12.1 | -12.0 | -11.8 | -11.6 |       |
|           |                          | Pintalämpö2 (°C)         | -12.4 | -12.2 | -12.2 | -11.9 | -11.8 | -11.6 |       |
|           |                          | Maan lämpötila (°C)      | -12.4 | -12.3 | -12.1 | -12.1 | -12.0 | -11.8 |       |
|           |                          | Kastepistelämpötila (°C) | -13.3 | -13.0 | -12.8 | -12.5 | -12.5 | -12.3 |       |
|           |                          | Suhteellinen kosteus     | 90    | 90    | 90    | 90    | 90    | 91    |       |
| Smithers' | Pinnan kovuus            | 15:30                    |       |       |       |       |       |       |       |
|           |                          | 95.5                     |       |       |       |       |       |       |       |

Taulukko 21. Kokeen tulokset.

|                     | Laitte                 | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrintarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------------|------------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Nokia Renkaat       | Vanha kitka            | 50 km/h                                    | 15:20         | 225         | 35.1              | 1.40      | 0.18           |                  |
|                     | Uusi kitka             | 50 km/h                                    | 15:10         | 250         | 35.0              | 1.07      | 0.13           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                    | 15:00         | 225         | 27.1              | 1.20      | 0.16           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 14:40         | 225         | 30.5              | 1.51      | 0.20           |                  |
| Keliauto            | Uusi rengas/ 2m        | 50 km/h                                    | 14:46         | 52          | 24.4              | 8.06      | 2.19           |                  |
|                     | Uusi rengas/ 20m       | 50 km/h                                    | 14:45         | 23          | 18.8              | 3.86      | 1.58           |                  |
|                     | Uusi rengas/ 2m        | 80 km/h                                    | 14:51         | 37          | 27.1              | 7.86      | 2.53           |                  |
|                     | Uusi rengas/ 20m       | 80 km/h                                    | 14:50         | 30          | 26.0              | 7.07      | 2.53           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m       | 50 km/h                                    | 15:14         | 49          | 34.9              | 7.21      | 2.02           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 20m      | 50 km/h                                    | 15:13         | 24          | 30.4              | 4.04      | 1.62           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m       | 80 km/h                                    | 15:26         | 37          | 40.5              | 13.85     | 4.46           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 20m      | 80 km/h                                    | 15:23         | 31          | 28.6              | 6.21      | 2.18           |                  |
| BW-11 Ivalo         | Uusi rengas (2 sarjaa) | 60 km/h                                    | 15:39         |             | 25.0              |           |                |                  |
| BW-11 Rovaniemi     | Uusi rengas (2 sarjaa) | 60 km/h                                    | 15:40         |             | 24.0              |           |                |                  |
| Fiido               | (1 rengas - 11 sarjaa) | 3 km/h                                     | 16:20         | 47          | 25.5              | 3.49      | 0.97           |                  |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta            | 50 km/h                                    | 14:55         | 10          | 20.3              | 0.95      | 0.59           |                  |
|                     | -. -                   | 80 km/h                                    | 14:57         | 10          | 19.8              | 2.25      | 1.40           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 15:30         | 10          | 20.5              | 1.72      | 1.06           |                  |
|                     | -. -                   | 80 km/h                                    | 15:32         | 10          | 24.5              | 1.18      | 0.73           |                  |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta            | 50 km/h                                    | 15:08         | 10          | 15.1              | 1.73      | 1.07           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs  | 50 km/h                                    | 15:05         | 10          | 19.1              | 2.18      | 1.35           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 15:25         | 10          | 18.0              | 1.05      | 0.85           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs   | 50 km/h                                    | 15:22         | 10          | 20.8              | 2.62      | 1.62           |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka            | 50 km/h                                    | 14:44         | 10          | 23.9              | 1.73      | 1.07           |                  |
|                     | Kontrolli/ vanha kitka | 50 km/h                                    | 16:32         | 10          | 22.9              | 1.8529    | 1.1485         |                  |
|                     | Uusi kitka             | 50 km/h                                    | 15:10         | 10          | 23.6              | 2.12      | 1.31           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                    | 15:40         | 10          | 21.0              | 1.41      | 0.88           |                  |
|                     | -. -                   | 80 km/h                                    | 15:42         | 10          | 22.4              | 1.35      | 0.84           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 16:05         | 10          | 21.3              | 1.89      | 1.17           |                  |
|                     | -. -                   | 80 km/h                                    | 16:08         | 10          | 24.5              | 1.51      | 0.94           |                  |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka            | 50 km/h                                    | 14:46         | 10          | 14.5              | 1.27      | 0.79           |                  |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs  | 50 km/h                                    | 14:45         | 10          | 21.6              | 1.43      | 0.89           |                  |
|                     | Uusi kitka             | 50 km/h                                    | 15:15         | 10          | 13.9              | 1.45      | 0.90           |                  |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs   | 50 km/h                                    | 15:12         | 10          | 22.1              | 2.47      | 1.53           |                  |
|                     | Vanha nasta            | 50 km/h                                    | 15:57         | 10          | 16.9              | 1.20      | 0.74           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs  | 50 km/h                                    | 15:50         | 10          | 21.7              | 1.34      | 0.83           |                  |
|                     | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 16:16         | 10          | 17.7              | 1.49      | 0.93           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs   | 50 km/h                                    | 16:12         | 10          | 22.0              | 2.21      | 1.37           |                  |
| Jarrutusmatkat      |                        |  |               |             |                   |           |                |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Uusi nasta             | 50 km/h                                    | 16:20         | 4           | 31.3              | 2.46      | 2.41           |                  |
|                     | Vanha kitka            | 50 km/h                                    | 16:25         | 3           | 35.6              | 0.75      | 0.85           |                  |

**Koe 8, jääpolanteinen tie**

Taulukko 22. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|           |                          |              |              |              |
|-----------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Keliauto  |                          | <b>18:09</b> | <b>18:20</b> |              |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -8.7         | -9.1         |              |
|           | Tien lämpötila(°C)       | -9.4         | -9.4         |              |
|           | Ilman kosteus            | 72.2         | 75.0         |              |
| Torni     |                          | <b>17:50</b> | <b>18:20</b> | <b>18:50</b> |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -10          | -9           | -9           |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -10          | -10          | -10          |
| Sääasema  |                          | <b>17:50</b> | <b>18:20</b> | <b>18:50</b> |
|           | Ilman lämpötila (°C)     | -10.5        | -10.3        | -10.2        |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -11.3        | -11.2        | -11.1        |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -11.3        | -11.2        | -11.1        |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -11.6        | -11.5        | -11.5        |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -11.6        | -11.5        | -11.3        |
|           | Suhteellinen kosteus     | 91           | 91           | 91           |
| Smithers' | Pinnan kovuus            |              |              |              |

Taulukko 23. Kokeen tulokset.

| Laite         | Rengas/ tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------|---|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Nokia Renkaat | Vanha kitka/ suunta 1                     | 50 km/h       | 18:09       | 1843              | 38.2      | 2.29           | 0.10             |
|               | Vanha kitka/ suunta 2                     | 50 km/h       | 18:20       | 1843              | 38.7      | 2.74           | 0.13             |
|               | Uusi nasta/ suunta 1                      | 50 km/h       | 18:40       | 1843              | 34.5      | 2.39           | 0.11             |
|               | Uusi nasta/ suunta 2                      | 50 km/h       | 18:50       | 1843              | 32.4      | 2.77           | 0.13             |
| Keliauto      | Vanha rengas/ 10m/ suunta1                | 50 km/h       | 18:09       | 610               | 33.3      | 24.86          | 1.97             |
|               | Vanha rengas/ 10m/ suunta2                | 50 km/h       | 18:20       | 638               | 32.6      | 28.59          | 2.22             |



### Koe 9, lumenen tie

Taulukko 24. Kokeiden 9 ja 10 aikana vallinneet sääolosuhteet. Keli auton mittaukset klo 11:07 ja 11:30 tapahtuivat lumisella tiellä (koe 9) ja kello 12:07 jäisellä tiellä (koe 10).

|           |                                |       |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keli auto | Ilman lämpötila (°C)           | 11:07 | 11:30 | 12:07 |       |       |       |
|           | Tien lämpötila (°C)            | 5.4   | -0.3  | -1.0  |       |       |       |
|           | Ilman kosteus                  | -1.9  | -1.9  | -3.0  |       |       |       |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)           | 52.3  | 78.2  | 82.1  |       |       |       |
|           | Kastepistelämpötila (°C)       |       |       |       |       |       |       |
|           |                                |       |       |       |       |       |       |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)           | 10:20 | 10:50 | 11:20 | 11:50 | 12:20 | 12:50 |
|           | Pintalämpö 1 (°C)              | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   |
|           | Pintalämpö 2 (°C)              | -02   | -02   | -02   | -01   | -02   | -02   |
|           | Maan lämpötila (°C)            | -1.5  | -2.1  | -1.6  | -1.6  | -1.7  | -1.5  |
|           | Kastepistelämpötila (°C)       | -7.3  | -7.2  | -7.2  | -6.9  | -6.9  | -6.8  |
|           | Suhteellinen kosteus           | -7.0  | -6.9  | -6.9  | -6.7  | -6.7  | -6.6  |
|           |                                | -8.0  | -7.9  | -7.9  | -7.7  | -7.6  | -7.6  |
| Smithers' | Pinnan kovuus lumisella tiellä | 10:30 | 12:00 |       |       |       |       |
|           | Pinnan kovuus jäisellä tiellä  | 88    | 96-98 |       |       |       |       |
|           |                                |       |       |       |       |       |       |

Taulukko 25. Kokeen tulokset.

|                  | Läite                      | Rengas/ tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskianon virhe |
|------------------|----------------------------|---|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|-----------------|
| Nokia Renkaat    | Vanha kitka/ suunta 1      | 50 km/h                                   | 11:20         | 809         | 31.6              | 2.35      | 0.16           |                 |
|                  | Vanha kitka/ suunta 2      | 50 km/h                                   | 11:30         | 810         | 27.3              | 2.87      | 0.20           |                 |
|                  | Uusi nasta/ suunta 1       | 50 km/h                                   | 10:50         | 711         | 30.749            | 2.1095    | 0.16           |                 |
|                  | Uusi nasta/ suunta 2       | 50 km/h                                   | 11:00         | 809         | 25.793            | 2.73      | 0.19           |                 |
| Keli-auto        | Vanha rengas/ 10m/ suunta1 | 50 km/h                                   | 11:07         | 286         | 19.6              | 25.63     | 2.97           |                 |
|                  | Vanha rengas/ 10m/ suunta2 | 50 km/h                                   | 11:30         | 303         | 14.4              | 27.57     | 3.10           |                 |
| Fiido            | (1 rengas - 8 sarjaa)      | 3 km/h                                    | 11:30         | 36          | 27.2              | 1.79      | 0.58           |                 |
| Maasturi/ ABS    | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 10:54         | 18          | 29.7              | 2.54      | 1.18           |                 |
| Henkilöauto/ ABS | Vanha kitka                | 50 km/h                                   | 11:12         | 18          | 29.1              | 1.94      | 0.89           |                 |
|                  | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 10:39         | 18          | 30.9              | 4.20      | 1.94           |                 |
| Jarrutusmatkat   |                            |   |               |             |                   |           |                |                 |
| Henkilöauto/ ABS | Uusi nasta                 | 50 km/h                                   | 10:50         | 3           | 19.6              | 1.00      | 1.13           |                 |

### Koe 10, jäinen tie

Taulukko 26. Kokeen tulokset.

|                   | Laitte                     | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskianon virhe |
|-------------------|----------------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|-----------------|
| Nokia Renkaat     | Vanha kitka                | 50 km/h                                      | 12:07         | 2192        | 46.202            | 2.25      | 0.09           |                 |
| Keli auto         | Vanha rengas/ 10m/ suunta1 | 50 km/h                                      | 12:07         | 824         | 43.4              | 29.65     | 2.02           |                 |
| ABS - henkilöauto | Uusi nasta                 | 50 km/h                                      | 12:07         | 8           | 37.5              | 0.76      | 0.52           |                 |

## Koe 11, sileä jää testiradalla

Taulukko 27. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.

|           |                           |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keli-auto | Ilman lämpötila (°C)      | 14:46 | 14:52 | 15:08 | 15:12 | 15:32 | 15:34 | 15:36 | 15:38 |
|           | Tien lämpötila (°C)       | -12.2 | -5.7  | -3.3  | -3.8  | -3.6  | -3.7  | -3.5  | -3.5  |
|           | Ilman kosteus             | 61.4  | 62.9  | 74.3  | 75.1  | 62.1  | 72.8  | 81.1  | 84.6  |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)      | 14:20 | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 | 17:20 | 17:50 |
|           | Kastepisteliämpötila (°C) | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   |
|           |                           | -02   | -01   | -01   | -02   | -01   | -01   | -02   | -02   |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)      | 14:20 | 14:50 | 15:20 | 15:50 | 16:20 | 16:50 | 17:20 | 17:50 |
|           | Pintalämpö1 (°C)          | -1.3  | -1.3  | -0.9  | -0.9  | -0.8  | -0.8  | -1.0  | -1.2  |
|           | Pintalämpö2 (°C)          | -6.6  | -6.6  | -6.5  | -6.5  | -6.4  | -6.4  | -6.4  | -6.3  |
|           | Maan lämpötila (°C)       | -6.4  | -6.4  | -6.3  | -6.2  | -6.2  | -6.1  | -6.1  | -6.1  |
|           | Kastepisteliämpötila (°C) | -7.3  | -7.3  | -7.2  | -7.2  | -7.1  | -7.0  | -7.0  | -7.0  |
|           | Suhteellinen kosteus      | -2.0  | -2.0  | -1.8  | -1.6  | -1.7  | -1.6  | -1.7  | -1.2  |
|           |                           | 94    | 94    | 94    | 95    | 93    | 94    | 95    | 94    |
| Smithers' | Pinnan kovuus             | 16:00 |       |       |       |       |       |       |       |
|           |                           | 95,5  |       |       |       |       |       |       |       |

Taulukko 28. Kokeen tulokset.

| Laitte              | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Jäviainojen määrä | Keskiarvo | Keskipolkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|---------------|------------------|
|                     |  |               |             |                   |           |               |                  |
| Nokia Renkaat       | Vanha kitka                                  | 50 km/h       | 16:20       | 225               | 23.4      | 0.91          | 0.12             |
|                     | Uusi Kitka                                   | 50 km/h       | 16:00       | 225               | 24.7      | 0.83          | 0.11             |
|                     | Vanha nasta                                  | 50 km/h       | 15:40       | 225               | 23.6      | 0.45          | 0.06             |
|                     | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 15:20       | 175               | 24.6      | 0.67          | 0.10             |
| Keli-auto           | Uusi rengas/ 2m                              | 50 km/h       | 15:34       | 57                | 19.8      | 9.37          | 2.43             |
|                     | Uusi rengas/ 20m                             | 50 km/h       | 15:32       | 32                | 22.8      | 5.51          | 1.91             |
|                     | Uusi rengas/ 2m                              | 80 km/h       | 15:38       | 41                | 24.2      | 9.75          | 2.99             |
|                     | Uusi rengas/ 20m                             | 80 km/h       | 15:38       | 28                | 22.8      | 4.29          | 1.59             |
|                     | Vanha rengas/ 2m                             | 50 km/h       | 14:53       | 55                | 24.7      | 9.97          | 2.64             |
|                     | Vanha rengas/ 20m                            | 50 km/h       | 14:46       | 34                | 30.2      | 3.42          | 1.15             |
|                     | Vanha rengas/ 2m                             | 80 km/h       | 15:08       | 37                | 22.6      | 12.01         | 3.87             |
|                     | Vanha rengas/ 20m                            | 80 km/h       | 15:12       | 31                | 26.6      | 5.00          | 1.76             |
|                     | Uusi rengas (2 sarjaa)                       | 60 km/h       | 17:37       |                   | 19.5      |               |                  |
|                     | (1 rengas - 10 sarjaa)                       | 3 km/h        | 17:40       | 31                | 21.8      | 1.12          | 0.40             |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta                                  | 50 km/h       | 16:57       | 10                | 16.6      | 1.51          | 0.93             |
|                     | ..   | 80 km/h       | 16:58       | 10                | 17.9      | 1.20          | 0.74             |
|                     | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 15:18       | 10                | 15        | 1.05          | 0.65             |
|                     | ..   | 80 km/h       | 15:19       | 10                | 16.6      | 0.70          | 0.43             |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta                                  | 50 km/h       | 16:50       | 10                | 11        | 0.94          | 0.58             |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                        | 50 km/h       | 16:51       | 10                | 16.6      | 1.84          | 1.14             |
|                     | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 15:25       | 10                | 12.4      | 1.71          | 1.06             |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                         | 50 km/h       | 15:22       | 10                | 16.6      | 0.97          | 0.60             |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                                  | 50 km/h       | 15:05       | 10                | 16.1      | 2.13          | 1.32             |
|                     | Vanha kitka                                  | 80 km/h       | 15:08       | 13                | 16.8      | 1.88          | 1.02             |
|                     | Uusi kitka                                   | 50 km/h       | 15:30       | 10                | 16.4      | 1.65          | 1.02             |
|                     | Uusi kitka                                   | 80 km/h       | 15:32       | 10                | 16.4      | 1.90          | 1.18             |
|                     | Vanha nasta                                  | 50 km/h       | 16:39       | 10                | 17.2      | 1.32          | 0.82             |
|                     | ..   | 80 km/h       | 16:40       | 10                | 20.2      | 2.25          | 1.40             |
|                     | Vanha nasta, sarja toisinpäin                | 50 km/h       | 17:25       | 12                | 16.6      | 1.78          | 1.01             |
|                     | ..   | 80 km/h       | 17:28       | 14                | 16.4      | 1.02          | 0.53             |
|                     | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 17:25       | 12                | 16.6      | 1.78          | 1.01             |
|                     | ..   | 80 km/h       | 17:28       | 14                | 16.4      | 1.02          | 0.53             |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka                                  | 50 km/h       | 15:10       | 12                | 11.8      | 1.24          | 0.70             |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs                        | 50 km/h       | 15:13       | 10                | 16.1      | 1.85          | 1.15             |
|                     | Uusi kitka                                   | 50 km/h       | 15:36       | 10                | 12.2      | 1.14          | 0.70             |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs                         | 50 km/h       | 15:34       | 10                | 16.9      | 2.08          | 1.29             |
|                     | Vanha nasta                                  | 50 km/h       | 16:44       | 10                | 16.7      | 1.77          | 1.10             |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                        | 50 km/h       | 16:41       | 10                | 21.2      | 1.55          | 0.96             |
|                     | Vanha nasta/ sarja toisinpäin                | 50 km/h       | 17:35       | 14                | 14.9      | 1.21          | 0.63             |
|                     | Vanha nasta/ sarja toisinpäin/ kal. Abs      | 50 km/h       | 17:30       | 10                | 21.1      | 1.45          | 0.90             |
|                     | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 17:58       | 10                | 12.6      | 1.27          | 0.79             |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                         | 50 km/h       | 17:55       | 10                | 18.2      | 2.15          | 1.33             |
| Jarrutusmatkat      |  |               |             |                   |           |               |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Uusi nasta                                   | 50 km/h       | 19:30'      | 3                 | 47.7      | 0.24          | 0.28             |
|                     | Vanha kitka                                  | 50 km/h       | 15:10-20:40 | 3                 | 51.1      | 0.55          | 0.62             |



**Koe 12, lumipolanteinen tie**

*Taulukko 29. Kokeen aikana vallinneet sääolosuhteet.*

|           |                          |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Keli-auto | Ilman lämpötila (°C)     | 12:25 | 12:35 | 13:32 | 13:44 | 15:10 | 15:16 |       |       |
|           | Tien lämpötila (°C)      | 5.3   | 3.6   | 4.4   | 3.1   | 4.9   | 0.9   |       |       |
|           | Ilman kosteus            | -0.4  | 0.1   | -0.2  | -0.1  | 0.0   | 0.0   |       |       |
|           |                          | 59.3  | 67.4  | 62.9  | 69.8  | 61.6  | 82.2  |       |       |
| Torni     | Ilman lämpötila (°C)     | 11:50 | 12:20 | 12:50 | 13:20 | 13:50 | 14:20 | 14:50 | 15:20 |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -00   | 00    | 00    | 00    | 00    | 00    | 00    | 00    |
|           |                          | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   | -01   |
| Sääasema  | Ilman lämpötila (°C)     | 11:50 | 12:20 | 12:50 | 13:20 | 13:50 | 14:20 | 14:50 | 15:20 |
|           | Pintalämpö1 (°C)         | -0.3  | -0.3  | -0.7  | -0.3  | -0.1  | -0.1  | 0.0   | -0.2  |
|           | Pintalämpö2 (°C)         | -3.2  | -3.1  | -3.5  | -3.4  | -3.4  | -3.1  | -3.1  | -3.8  |
|           | Maan lämpötila (°C)      | -3.0  | -2.9  | -3.4  | -3.4  | -3.2  | -2.9  | -2.9  | -3.7  |
|           | Kastepistelämpötila (°C) | -4.1  | -4.0  | -4.0  | -4.0  | -4.0  | -3.9  | -3.8  | -3.9  |
|           | Suhteellinen kosteus     | -1.3  | -1.1  | -1.5  | -1.3  | -1.2  | -1.1  | -1.0  | -1.3  |
|           |                          | 92    | 94    | 94    | 92    | 92    | 92    | 92    | 94    |
| Smithers' | Pinnan kovuus            | 15:00 |       |       |       |       |       |       |       |
|           |                          | 90-92 |       |       |       |       |       |       |       |

|                     | Laite                                 | Rengas/<br>tallennusväli/<br>kalibrointiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keskipoikkeama | Keskiarvon virhe |
|---------------------|---------------------------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|----------------|------------------|
| Keli-auto           | Uusi rengas/ 2m/ suunta 2             | 50 km/h                                      | 12:35         | 356         | 24.3              | 27.06     | 2.81           |                  |
|                     | Uusi rengas/ 20m/ suunta1             | 50 km/h                                      | 12:25         | 161         | 22.5              | 4.17      | 0.64           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 2m/ suunta 2            | 50 km/h                                      | 13:44         | 334         | 21.7              | 24.85     | 2.67           |                  |
|                     | Kontrolli/ Vanha rengas/ 2m/ suunta 2 | 50 km/h                                      | 15:16         | 317         | 29.1              | 22.70     | 2.50           |                  |
|                     | Vanha rengas/ 20m/ suunta 1           | 50 km/h                                      | 13:32         | 159         | 19.6              | 4.19      | 0.65           |                  |
|                     | Kontrolli/ vanha rengas/20m/ suunta 1 | 50 km/h                                      | 15:10         | 184         | 28.0              | 18.23     | 2.63           |                  |
| Maasturi/ ABS       | Vanha nasta                           | 50 km/h                                      | 12:48         | 20          | 28.1              | 1.62      | 0.71           |                  |
|                     | Uusi nasta                            | 50 km/h                                      | 14:17         | 20          | 28.4              | 1.85      | 0.81           |                  |
| Maasturi/ ei-ABS    | Vanha nasta                           | 50 km/h                                      | 13:08         | 20          | 18.3              | 1.75      | 0.77           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                 | 50 km/h                                      | 12:59         | 20          | 24.8              | 2.14      | 0.94           |                  |
|                     | Uusi nasta                            | 50 km/h                                      | 14:05         | 20          | 19.4              | 1.77      | 0.78           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                  | 50 km/ h                                     | 13:55         | 20          | 24.8              | 1.57      | 0.69           |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Vanha kitka                           | 50 km/h                                      | 12:08         | 20          | 32.9              | 2.53      | 1.11           |                  |
|                     | Kontrolli/ Vanha kitka                | 50 km/h                                      | 16:03         | 20          | 29.7              | 1.63      | 0.71           |                  |
|                     | Uusi kitka                            | 50 km/h                                      | 13:22         | 21          | 31.4              | 2.73      | 1.17           |                  |
|                     | Vanha nasta                           | 50 km/h                                      | 14:29         | 20          | 29.2              | 1.63      | 0.71           |                  |
|                     | Uusi nasta                            | 50 km/h                                      | 15:07         | 20          | 29.6              | 1.67      | 0.73           |                  |
| Henkilöauto/ ei-ABS | Vanha kitka                           | 50 km/h                                      | 12:30         | 20          | 23.6              | 2.06      | 0.90           |                  |
|                     | Vanha kitka/ kal. abs                 | 50 km/h                                      | 12:19         | 20          | 34.2              | 3.76      | 1.65           |                  |
|                     | Uusi kitka                            | 50 km/h                                      | 13:42         | 20          | 20.8              | 1.92      | 0.84           |                  |
|                     | Uusi kitka/ kal. abs                  | 50 km/h                                      | 13:32         | 20          | 31.2              | 1.64      | 0.72           |                  |
|                     | Vanha nasta                           | 50 km/h                                      | 14:49         | 20          | 20.7              | 1.35      | 0.59           |                  |
|                     | Vanha nasta/ kal. abs                 | 50 km/h                                      | 14:40         | 20          | 27.9              | 1.86      | 0.82           |                  |
|                     | Uusi nasta                            | 50 km/h                                      | 15:26         | 20          | 21.1              | 1.93      | 0.85           |                  |
|                     | Uusi nasta/ kal. abs                  | 50 km/h                                      | 15:16         | 20          | 29.1              | 1.68      | 0.74           |                  |
| Jarrutusmatkat      |                                       |  |               |             |                   |           |                |                  |
| Henkilöauto/ ABS    | Uusi nasta                            | 50 km/h                                      | 15:30         | 4           | 22.8              | 1.01      | 0.99           |                  |
|                     | Vanha kitka                           | 50 km/h                                      | 16:10         | 3           | 27.6              | 1.80      | 2.03           |                  |

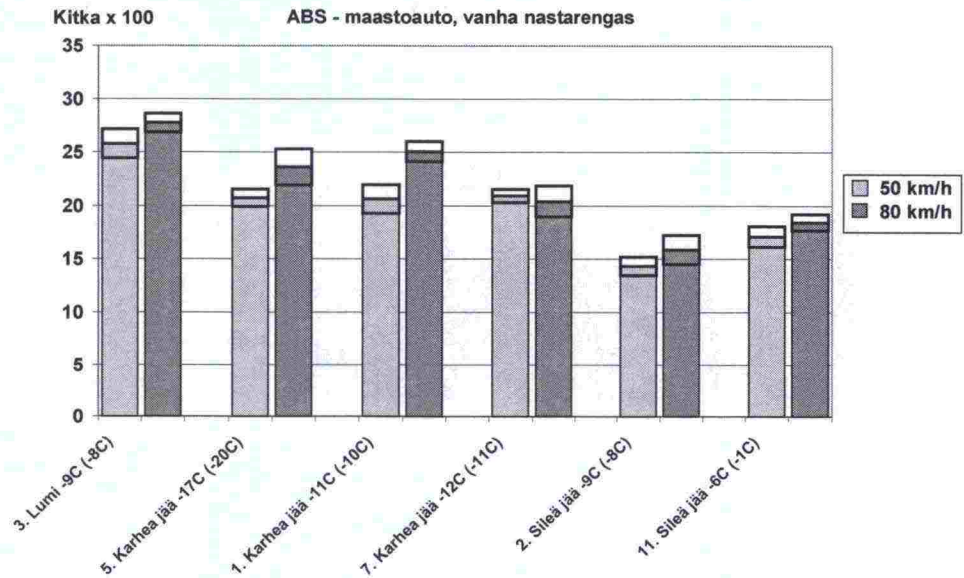
*Taulukko 30. Kokeen tulokset.*

Koe 13, jäinen tie

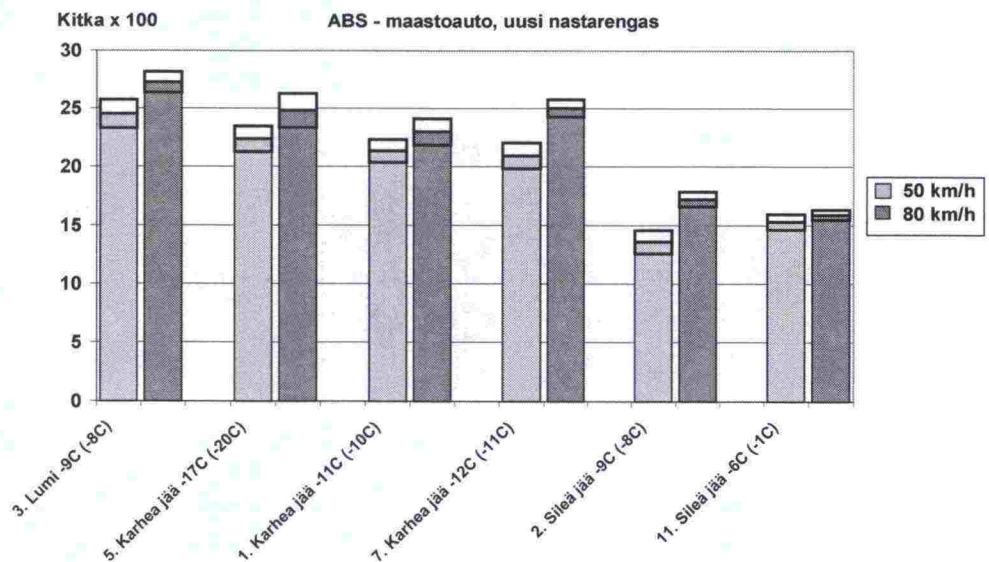
Taulukko 31. Kokeen tulokset.

| Laitte           | Rengas/ tallennusväli/<br>kalibrintiarvo | Mittausnopeus | Mittausaika | Havaintojen määrä | Keskiarvo | Keski poikkeama | Keskianvon virhe |
|------------------|--|---------------|-------------|-------------------|-----------|-----------------|------------------|
| Keliauto         | Vanha rengas/ 20m                        | 50 km/h       | 16:17       | 598               | 14.4      | 5.40            | 0.43             |
| Henkilöauto/ ABS | Vanha kiitka                             | 50 km/h       | 16:22       | 40                | 27.5      | 2.58            | 0.80             |

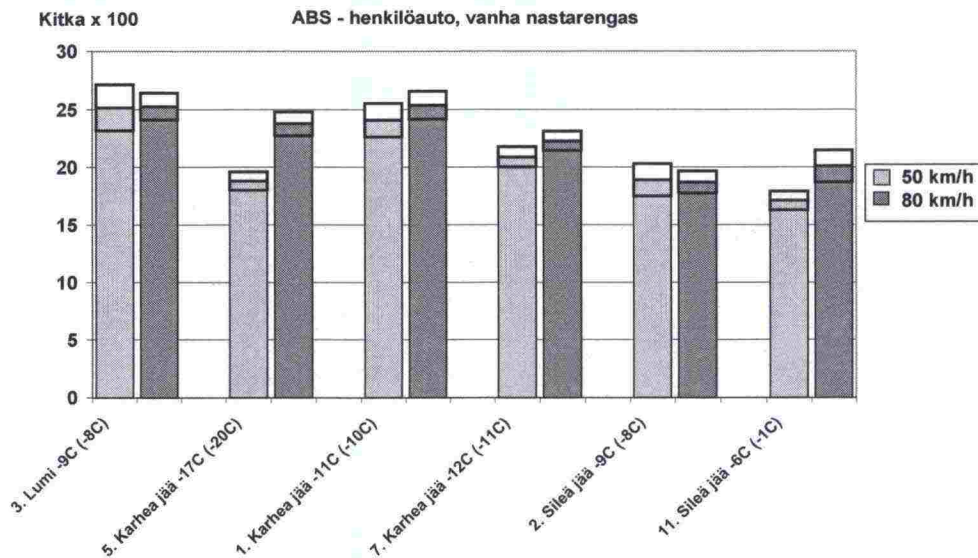




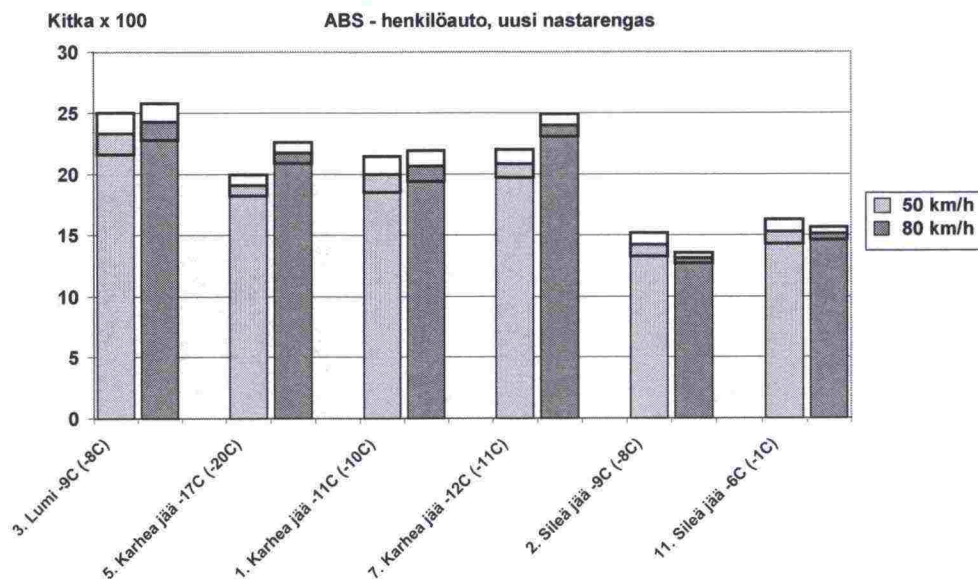
Kuva 38. ABS-jarrullisella maastoautolla vanhoilla nastarenkailla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).



Kuva 39. ABS-jarrullisella maastoautolla uusilla nastarenkailla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

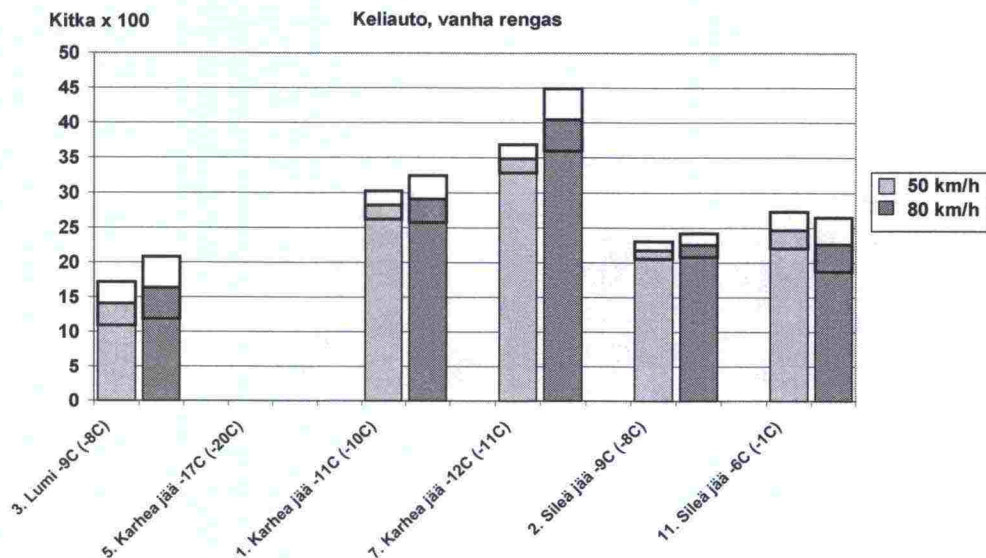


Kuva 40. ABS-jarrullisella henkilöautolla vanhoilla nastarenkailla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

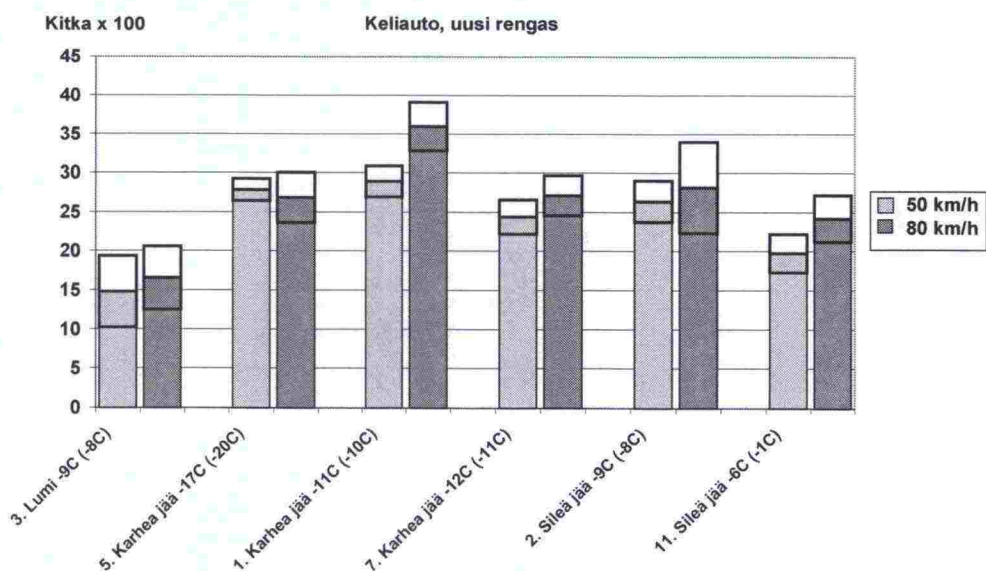


Kuva 41. ABS-jarrullisella henkilöautolla uusilla nastarenkailla mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

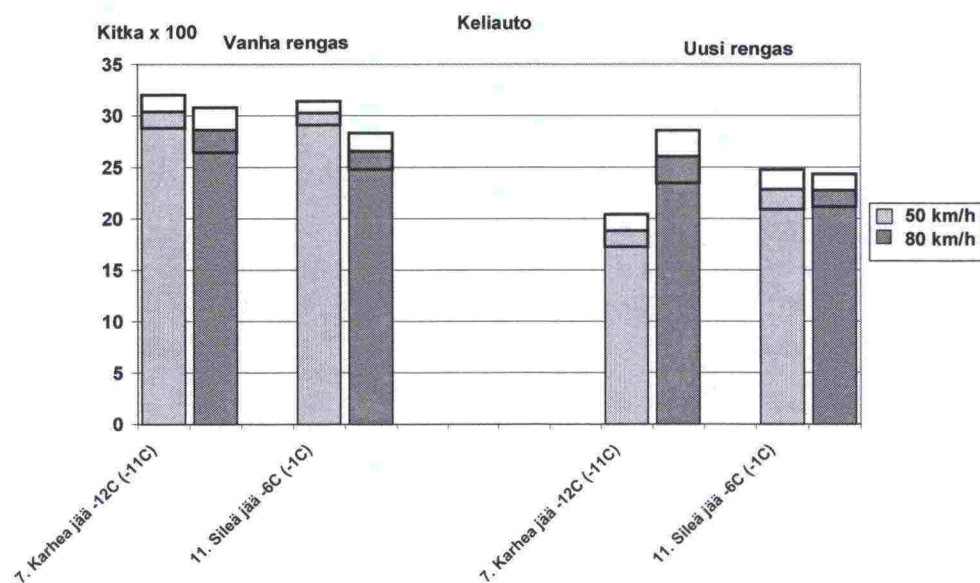




Kuva 42. Keliautolla vanhalla renkaalla 2 metrin tallennusvälillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntiinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

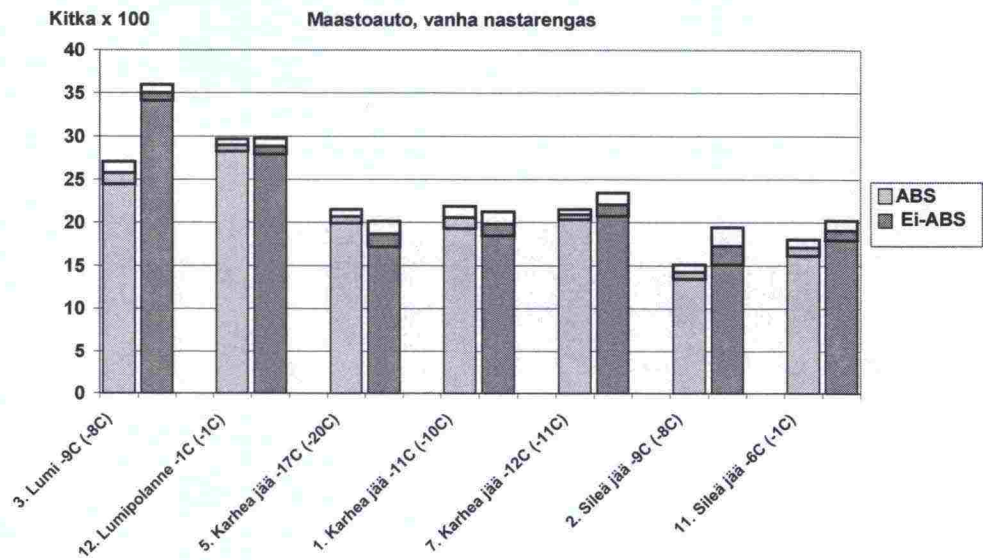


Kuva 43. Keliautolla uudella renkaalla 2 metrin tallennusvälillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntiinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

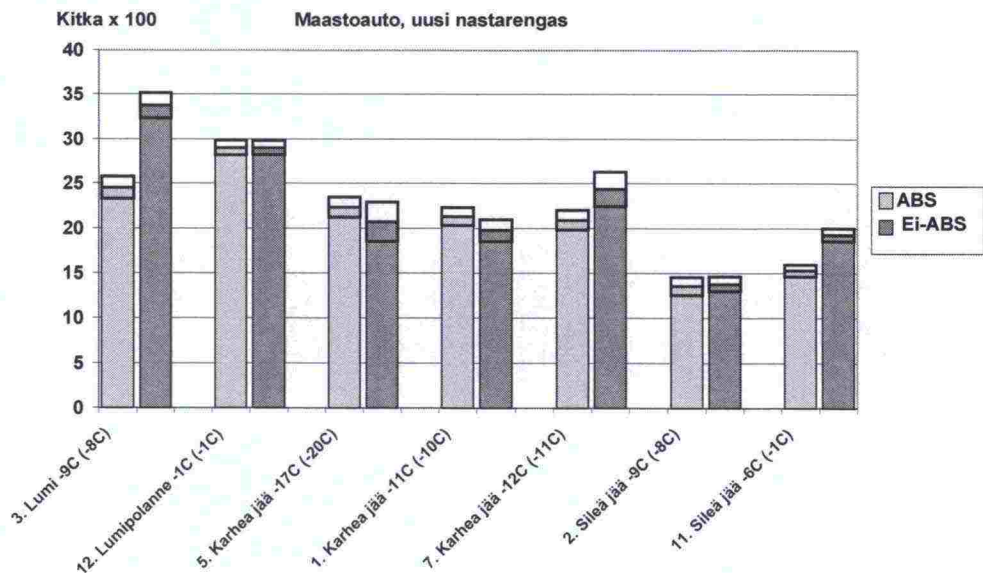


Kuva 44. Keli-autolla vanhalla ja uudella renkaalla 20 metrin tallennusvälillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot 50 km/h ja 80 km/h tuntinopeudessa. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

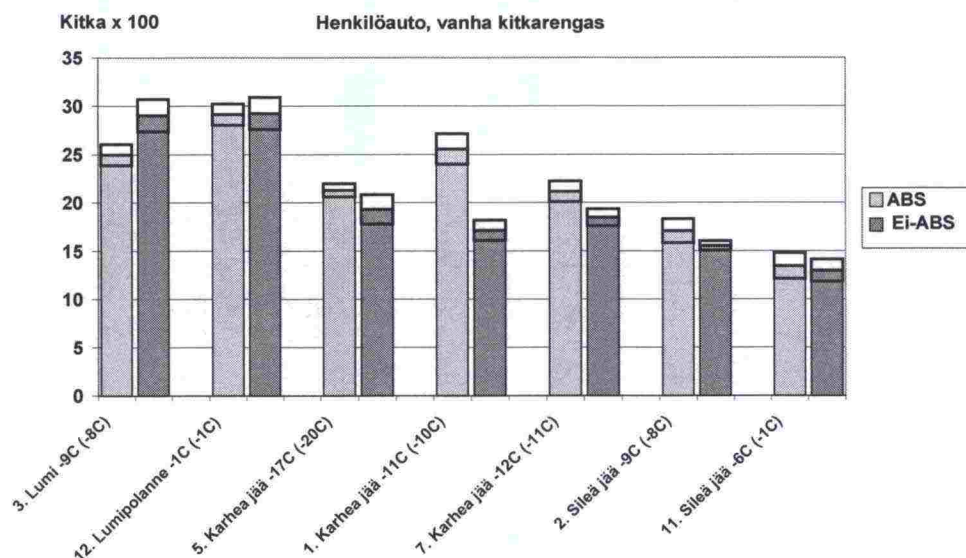




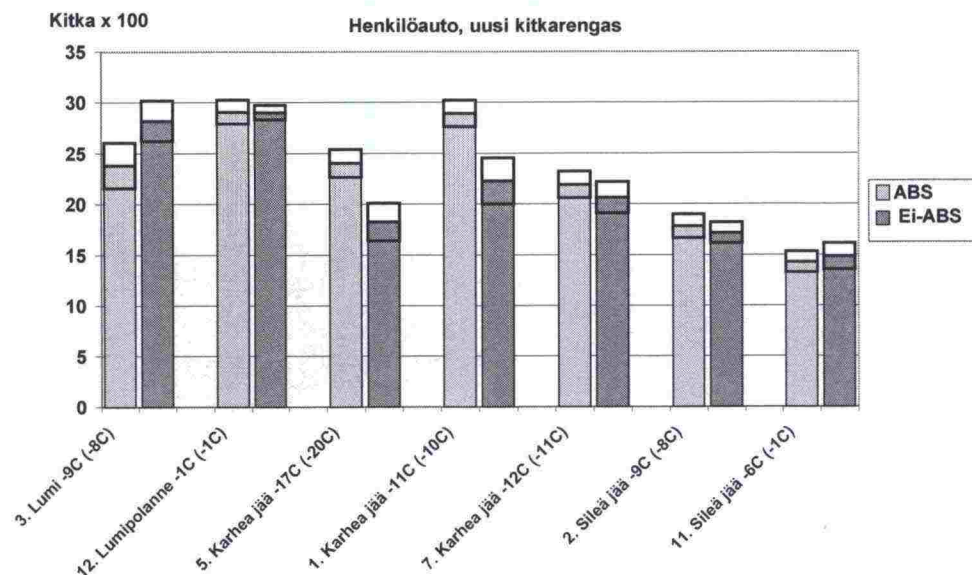
Kuva 45. Maastoajoneuvolla vanhalla nastarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).



Kuva 46. Maastoajoneuvolla uudella nastarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvälillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

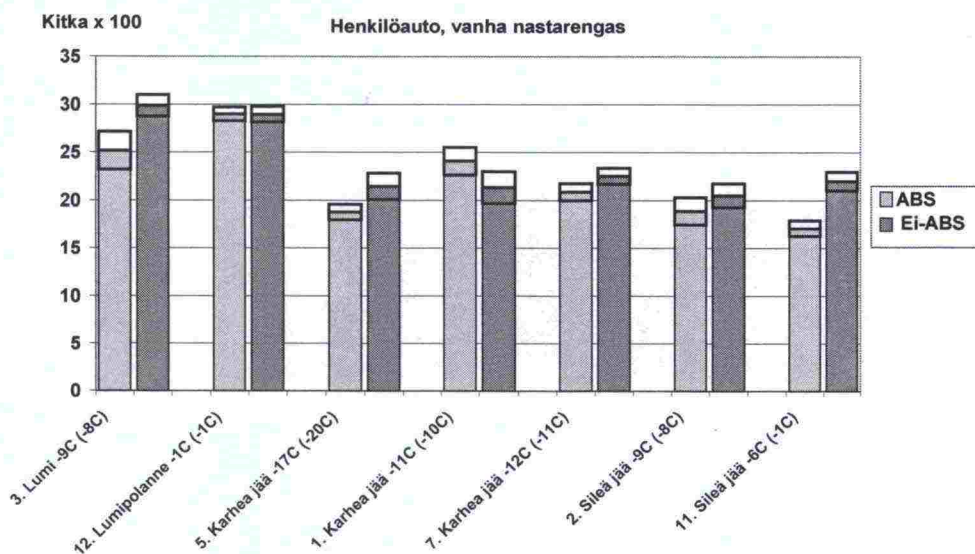


Kuva 47. Henkilöautolla vanhalla kitkarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusväliillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

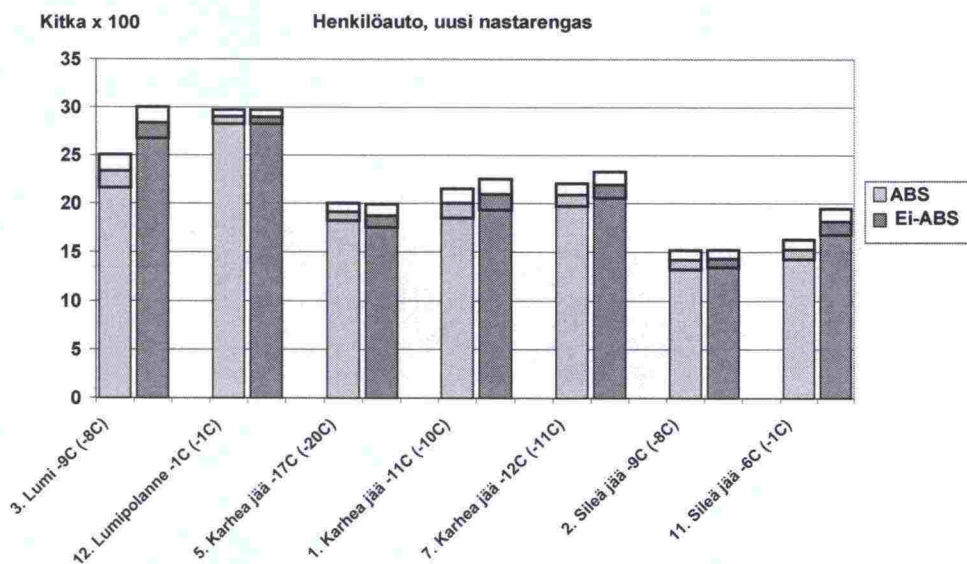


Kuva 48. Henkilöautolla uudella kitkarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusväliillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus, pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).





Kuva 49. Henkilöautolla vanhalla nastarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvä-  
lillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus,  
pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).



Kuva 50. Henkilöautolla uudella nastarenkaalla eri jarrujärjestelmillä mitattujen kitka-  
arvojen keskiarvot. Pystyakselilla on kitka-arvo sadasosina. Pylväiden  
päässä olevat ruudut kuvaavat keskiarvojen virhettä 95 %:n luottamusvä-  
lillä. Vaaka-akselille on kirjattu kokeen järjestysnumero, kelin lyhyt kuvaus,  
pinnan lämpötila ja ilman lämpötila (suluissa).

ISSN 1457-9871  
ISBN 951-726-723-1  
TIEH 3200654